ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1912 Г. ТОМЪ 13. № 2.

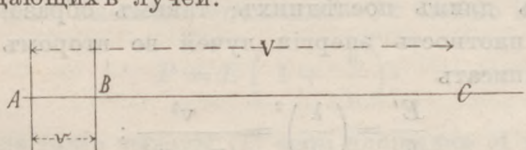
Давленіе свѣта[1]).

П. А. Зилова.

1. Пучекъ лучей *давитъ* какъ на тѣла, которыя онъ освѣщаетъ, такъ и на тѣло, которое его испускаетъ; такимъ образомъ какъ освѣщаемыя тѣла, такъ и источники свѣта испытываютъ *свѣтовое давленіе.*

По теоріи истеченія свѣта такое давленіе представлялось вполнѣ естественнымъ; дѣйствительно, если лучъ состоитъ изъ потока быстро движущихся матеріальныхъ частичекъ, то освѣщаемое тѣло бомбардируется падающими на него частичками и испытываетъ давленіе; свѣтящее тѣло, выбрасывающее свѣтовыя частички, тоже испытываетъ давленіе подобно пушкѣ, которая при выстрѣлѣ, выбрасывая ядро, откатывается назадъ.

Въ 1873 г. Максвелль доказалъ, что и по теоріи волнообразнаго движенія должно существовать свѣтовое давленіе. Приведемъ элементарное доказательство этого положенія. Разсмотримъ отдѣльно дѣйствіе испускаемыхъ лучей и дѣйствіе освѣщающихъ лучей.



Фиг. 1.

Начнемъ со случая испускаемыхъ лучей. Пусть площадка A (фиг. 1) въ □ cm. находится въ покоѣ и испус-

[1]) Это явленіе было открыто теоретически Максвеллемъ; выводъ его сложенъ и не вполнѣ убѣдителенъ. Предлагаемый здѣсь элементарный выводъ принадлежитъ Лармору; см. The Pressure of Light by J. H. Poynting (London. 1910), Quelques expériences sur la pression de la lumière par M. J. H. Poynting (Bulletin des Séances de la Société française de physique, 1910).

каетъ вправо нормальный пучекъ лучей, плотность энергіи (т. е. количество энергіи въ куб. центиметрѣ) коего E; пусть AC ($=\mathrm{v}$) есть разстояніе, которое волны проходятъ въ одну секунду, т. е. скорость распространенія волнъ, и n число волнъ, испускаемыхъ нашею площадкою въ одну секунду; понятно, что при своемъ распространеніи эти n волнъ умѣщаются на протяженіи AC, такъ что, называя λ длину волны, можемъ написать

$$n\lambda = \mathrm{v}.$$

Въ столбѣ, опирающемся на площадку A и имѣющемъ высоту v, заключается энергіи $E\mathrm{v}$. Теперь положимъ, что во время лучеиспусканія площадка A движется впередъ со скоростью v (которая очень мала сравнительно съ скоростью v), такъ что въ секунду она проходитъ разстояніе AB; наши n волнъ, испускаемыя въ одну секунду, умѣщаются теперь на протяженія BC ($=\mathrm{v}-v$), и если длину этихъ волнъ обозначить λ', то

$$n\lambda' = \mathrm{v} - v.$$

Раздѣляя оба эти ур—ія, находимъ

$$\frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{\mathrm{v} - v}{\mathrm{v}}.$$

Если площадка A, находясь въ покоѣ или въ движеніи, всегда испускаетъ волны одной длины, то плотности энергій испускаемыхъ ею волнъ обратно-пропорціональны крадратамъ длинъ послѣднихъ; такимъ образомъ если назовемъ E' плотность энергіи лучей во второмъ случаѣ, то можемъ написать

$$\frac{E'}{E} = \left(\frac{\lambda}{\lambda'}\right)^2 = \frac{\mathrm{v}^2}{(\mathrm{v} - v)^2};$$

энергія же на всемъ протяженіи BC, когда площадка движется, будетъ

$$E'(\mathrm{v} - v) = E\,\frac{\mathrm{v}^2}{\mathrm{v} - v}.$$

Сдѣлаемъ еще предположеніе, что площадка A одинаково излучаетъ энергію, будетъ-ли она въ движеніи или въ покоѣ; иначе говоря, примемъ, что энергія испускаемыхъ

лучей зависитъ только отъ температуры источника; такимъ образомъ въ теченіе секунды наша площадка всегда испускаетъ $E\mathrm{v}$ энергіи; но во второмъ случаѣ на протяженіи BC умѣщается $E\mathrm{v}^2/(\mathrm{v}-v)$ энергіи, а за то же время площадка испускаетъ всего лишь $E\mathrm{v}$ энергіи; слѣдовательно поступательное движеніе испускающей площадки сообщаетъ лучамъ дополнительную энергію

$$\frac{E\mathrm{v}^2}{\mathrm{v}-v}-E\mathrm{v}=\frac{Ev\mathrm{v}}{\mathrm{v}-v}.$$

Откуда-же берется эта дополнительная энергія? Она можетъ появиться только при условіи, что нѣкоторая сила сопротивляется движенію лучеиспускающей площадки или что пучекъ лучей, выходя изъ площадки, давитъ на нее.

Если давленіе испускаемыхъ лучей назовемъ P, то при разсматриваемомъ перемѣщеніи площадки давящая на нее сила совершаетъ работу Pv, которая измѣряется найденною дополнительною энергіею:

$$Pv=E\frac{\mathrm{v}v}{\mathrm{v}-v},$$

откуда

$$P=E\frac{\mathrm{v}}{\mathrm{v}-v},$$

или, такъ какъ высшими степенями v/v можно пренебречь,

$$P=E\left(1+\frac{v}{\mathrm{v}}\right). \quad (1)$$

Отсюда такіе выводы: 1) если площадка A неподвижна, $v=0$, то

$$P=E,$$

т. е. давленіе пучка испускаемыхъ лучей на поверхность неподвижнаго источника равна плотности энергіи этого пучка; 2) если $v>0$, то

$$P=E\left(1+\frac{v}{\mathrm{v}}\right),$$

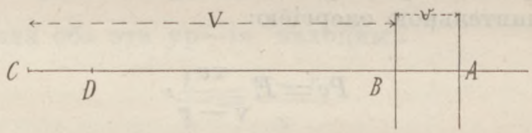
т. е. давленіе пучка испускаемыхъ лучей увеличивается, когда источникъ движется впередъ; 3) если $v < 0$, то

$$P = E\left(1 - \frac{v}{\mathrm{v}}\right),$$

т. е. давленіе пучка испускаемыхъ лучей уменьшается, когда источникъ движется назадъ.

Послѣдніе два вывода приводятъ насъ къ такому заключенію: если свѣтящее тѣло движется, то лучи, испускаемые имъ съ передней стороны, производятъ большее давленіе, чѣмъ лучи, испускаемые съ задней стороны; эта разность давленій болѣе или менѣе задерживаетъ поступательное движеніе свѣтящаго тѣла.

2. Разсмотримъ теперь случай освѣщающихъ лучей. Пусть на площадку A (фиг. 2) въ □ cm. падаетъ слѣва нормальный пучекъ лучей; положимъ, что наша площадка дви-



Фиг. 2.

жется влѣво со скоростью v, такъ что чрезъ секунду занимаетъ положеніе B. Въ продолженіе этой секунды площадка встрѣчаетъ волны, которыя въ началѣ секунды умѣщались на протяженіи $AC (= \mathrm{v} + v)$; отраженныя за то же время волны, распространяющіяся справа налѣво, будутъ умѣщаться на протяженіи $BD (= \mathrm{v} - v)$, ибо успѣваютъ распространиться отъ начальнаго положенія (A) отражающей площадки на разстояніе v. Понятно, что въ одну секунду площадка отражаетъ всѣ падающія на нее за это время волны, число коихъ назовемъ n; обозначивъ чрезъ λ_1 длину падающихъ волнъ и чрезъ λ_2 длину отраженныхъ волнъ, имѣемъ $n\lambda_1 = \mathrm{v} + v$ и $n\lambda_2 = \mathrm{v} - v$, откуда

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\mathrm{v} + v}{\mathrm{v} - v}.$$

Называя E и E' плотности энергіи падающаго и отраженнаго пучковъ, можемъ по прежнему написать

$$\frac{E'}{E} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^2 = \left(\frac{\mathrm{v} + v}{\mathrm{v} - v}\right)^2. \qquad (2)$$

Въ столбѣ, опирающемся на нашу площадку и имѣющемъ высоту AC, умѣщается энергія падающихъ лучей $E(\mathrm{v} + v)$; столько энергіи падаетъ на нашу площадку въ теченіе секунды. Въ столбѣ такого же основанія и высоты BD умѣщается энергія отраженныхъ лучей $E'(\mathrm{v} - v)$; по ур. (2) эту энергію можно еще представить такъ: $E'(\mathrm{v} - v) = E(\mathrm{v} + v)^2/(\mathrm{v} - v)$; столько энергіи отражаетъ наша площадка въ теченіе секунды. Слѣдовательно поступательное движеніе освѣщаемой площадки сообщаетъ лучамъ энергію

$$E'(\mathrm{v} - v) - E(\mathrm{v} + v) = E\frac{(\mathrm{v} + v)^2}{\mathrm{v} - v} - E(\mathrm{v} + v) = 2vE\frac{\mathrm{v} + v}{\mathrm{v} - v}.$$

Эта дополнительная энергія могла появиться только потому, что нѣкоторая сила сопротивлялась движенію освѣщаемой площадки; отсюда заключаемъ, что **пучекъ лучей, освѣщая площадку, давитъ на нее.**

Если давленіе падающихъ лучей назовемъ P, то при разсматриваемомъ перемѣщеніи площадки давящая на нее сила совершаетъ работу Pv, которая измѣряется только-что найденною дополнительною энергіею:

$$Pv = 2vE\frac{\mathrm{v} + v}{\mathrm{v} - v};$$

откуда

$$P = 2E\frac{\mathrm{v} + v}{\mathrm{v} - v}; \qquad (3)$$

если освѣщамая площадка неподвижна, $\mathrm{v} = 0$, то

$$P = 2E \qquad (4)$$

т. е. **давленіе пучка освѣщающихъ лучей равно удвоенный плотности его энергіи.**

3. Формула (4) выведена въ томъ предположеніи, что вся энергія падающихъ лучей отражается освѣщаемымъ тѣломъ. Иногда же эта энергія вся или отчасти поглощается

освѣщаемымъ тѣломъ. Поэтому выведемъ болѣе общую формулу для свѣтового давленія. Съ этою цѣлью обратимся къ формулѣ (2) и прибавимъ по единицѣ по обѣимъ частямъ; тогда имѣемъ

$$E + E' = 2E\,\frac{\mathrm{v}^2 + v^2}{(\mathrm{v} - v)^2},$$

откуда по (3)

$$P = \frac{(\mathrm{v} - v)^2}{\mathrm{v}^2 + v^2}(E + E')$$

или, пренебрегая высшими степенями v/v,

$$P = \left(1 - 2\frac{v}{\mathrm{v}}\right)(E + E').$$

Въ случаѣ неподвижности освѣщаемой площадки $v = 0$ и

$$P = E + E'.$$

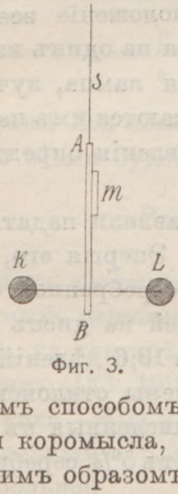
Представимъ себѣ теперь, что освѣщаемое тѣло есть очень тонкая пластинка. Если освѣщаемая сторона пластинки совершенно зеркальная, то она отражаетъ, какъ мы и предполагали въ § 2, всю падающую на нее энергію, $E' = E$, и мы имѣемъ по прежнему $P = 2E$. Таково же свѣтовое давленіе и въ томъ случаѣ, когда только одна освѣщаемая сторона пластинки зеркальна. Если пластинка зачернена съ обѣихъ сторонъ, то энергія падающихъ лучей ею поглощается; пластинка быстро вся прогрѣвается до одной температуры и съ обѣихъ сторонъ излучаетъ поровну полученную теплоту; испускаемые лучи производятъ на обѣ стороны одинакія давленія, которыя взаимно уничтожаются; давленіе, испытываемое нашею пластинкою въ данномъ случаѣ, обусловливается энергіею однихъ падающихъ лучей, и потому $P = E$. Если наконецъ освѣщаемая сторона пластинки зачернена, а другая зеркальна, то энергія падающихъ лучей ею поглощается и превращается въ теплоту; такъ какъ зеркальная сторона неспособна поглощать энергіи, то она ея и не испускаетъ; вся поглощенная энергія лучеиспускается только зачерненною стороною; если бы при этомъ всѣ лучи испускались нормально къ пластинкѣ, то они производили бы давленіе E, т. е. равное давленію падающихъ лучей; но изъ черной поверхности лучи выходятъ по всѣмъ направленіямъ

и производятъ меньшее давленіе, именно $2E/3$; такимъ образомъ полное давленіе на нашу пластинку будетъ $P=5E/3$.

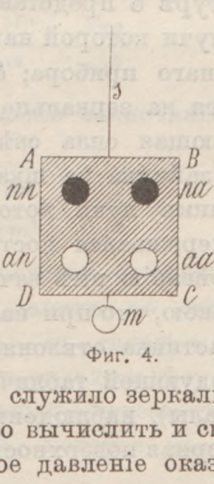
4. Обратимся теперь къ опытамъ, обнаруживающимъ свѣтовое давленіе и подтверждающимъ предыдущую теорію. При этомъ замѣтимъ, что это давленіе, какъ это будетъ показано ниже, всегда ничтожно мало, и невольно поражаешься искусствомъ экспериментаторовъ, обнаружившихъ и даже измѣрившихъ это давленіе.

П. Н. Лебедеву первому удалось это сдѣлать. Въ стеклянномъ баллонѣ, изъ котораго воздухъ былъ тщательно выкачанъ, висѣло на очень тонкой стеклянной нити s (фиг. 3) маленькое горизонтальное коромысло; на концахъ послѣдняго были прикрѣплены крылышки K и L (изъ платины, алюминія или слюды) въ 5 mm. діаметра; при помощи линзъ свѣтъ дуговой лампы направлялся на одно изъ этихъ крылышекъ. Коромысло повертывалось на нѣкоторый уголъ, чѣмъ и обнаруживалось давленіе свѣта на освѣщаемое крылышко; съ прекращеніемъ освѣщенія коромысло возвращалось въ прежнее положеніе.

Подъ дѣйствіемъ свѣта коромысло повертывалось на такой уголъ, при которомъ моментъ крученія нити сравнивался съ моментомъ силы свѣтового давленія; опредѣливъ



Фиг. 3.

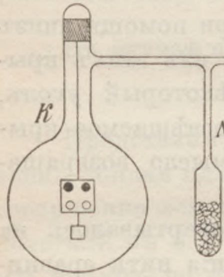


Фиг. 4.

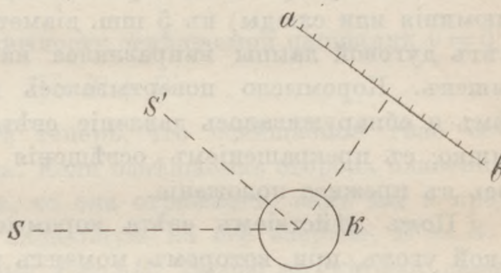
зеркальнымъ способомъ (для чего служило зеркальце m) уголъ отклоненія коромысла, легко было вычислить и свѣтовое давленіе. Такимъ образомъ найденное давленіе оказалось очень близкимъ къ теоретически вычисленному.

Опишемъ еще опыты Пойнтинга. Приборъ его состоялъ изъ подвѣшенной на кварцевой нити s (фиг. 4) слюдяной

пластинки $ABCD$ съ четырьмя круглыми отверстіями, въ которыя были вставлены тонкіе асфальтовые диски, изъ коихъ одинъ былъ зачерненъ съ обѣихъ сторонъ (*nn*), другой зачерненъ спереди и посеребренъ сзади (*na*), третій посеребренъ съ обѣихъ сторонъ (*aa*) и наконецъ четвертый посеребренъ спереди и зачерненъ сзади (*an*). Снизу слюдяной пластинки было прикрѣплено зеркальце *m*. Весь этотъ приборъ помѣщался въ стеклянный баллонъ K (фиг. 5), сначала наполненный кислородомъ, который затѣмъ выкачивался; къ этому баллону былъ припаянъ сосудъ N, наполненный углемъ; при погруженіи этого сосуда въ жидкій воздухъ уголь поглощалъ остатки газа.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

На фигурѣ 6 представлено расположеніе всего опыта. S—лампа, лучи которой направляются на одинъ изъ дисковъ вышеописаннаго прибора; S'—другая лампа, лучи которой направляются на зеркальце *m* и отражаются имъ на шкалу *ab*. Соотвѣтствующая сила свѣтового давленія опредѣляется по отклоненію зайчика на шкалѣ.

Источникъ, лучи котораго заставляли падать на наши диски, поддерживался постояннымъ. Энергія его, оцѣниваемая по нагрѣванію имъ зачерненной серебренной пластинки, оказалась такою, что при паденіи лучей на дискъ *nn* нашего прибора пластинка отклонялась бы на 13,6 дѣленій шкалы.

Въ слѣдующей табличкѣ приведены отклоненія (въ дѣленіяхъ шкалы), наблюденныя и вычисленныя въ предположеніи, что черная поверхность отражаетъ 5%, серебряная 95%.

	nn	*na*	*aa*	*an*
Наблюденныя . . .	16,1	22,3	28,7	28,0
Вычисленныя . . .	14,3	22,0	26,5	26,1.

Разница между наблюденными и вычисленными отклоненіями объясняется дѣйствіемъ остатка газа въ баллонѣ *K*. Найденныя цифры убѣждаютъ насъ въ томъ, что лучи, выходящіе изъ черной стороны второго диска, толкаютъ его назадъ; если бы этого давленія не было, то силы на первый (*nn*) и второй (*na*) диски были бы одинаковы; но опытъ показываетъ, что давленіе на *na* въ 1,4 раза больше, чѣмъ на *nn*, и лишь 0,8 того, которое дѣйствуетъ на дискъ *aa*, что вполнѣ согласно съ теоріею.

5. Какъ же велико давленіе свѣта? Вычислимъ давленіе солнечнаго свѣта. Изъ пиргеліометрическихъ наблюденій извѣстно, что въ теченіе секунды на □ cm. земной поверхности солнце своими лучами доставляетъ теплоту

$$q = 0{,}042 \frac{gr\text{-}cal}{s\,.\,cm^2}$$

или

$$q = J\,.\,0{,}042 \frac{Erg}{s\,.\,cm^2} = 1{,}76\,.\,10^6 \frac{Erg}{s\,.\,cm^2}\,.$$

Такъ какъ эта энергія распространяется со скоростью свѣта v (= 3 . 10^{10} cm/s), то можно сказать, что она заключается въ столбѣ, основаніе котораго □ cm. и высота v cm.; слѣдовательно плотность энергіи солнечнаго свѣта будетъ

$$E = \frac{q}{\mathrm{v}} = \frac{1{,}76\,.\,10^6}{3\,.\,10^{10}} \frac{Erg}{cm^3}$$

или, такъ какъ *Erg* = *dn* . *cm*, давленіе солнечнаго свѣта на поверхности земли будетъ

$$P = 6\,.\,10^{-5} \frac{dn}{cm^2}\,.$$

Вотъ какъ ничтожно-мало давленіе солнечнаго свѣта! На квадратный центиметръ онъ давитъ съ силою = вѣсу 6 . 10^{-5} mgr., на гектаръ (10^4 □ m.)—съ силою = вѣсу 6 gr., а на всю землю (133 . 10^{16} □ cm.)—съ силою = вѣсу 8000 тонъ. Послѣдняя сила — сама по себѣ большая—исчезаетъ въ сравненіи съ солнечнымъ притяженіемъ, которое въ 50 билліоновъ разъ больше.

Послѣ сказаннаго ясно, что на поверхности земли и въ атмосферѣ ничтожное давленіе солнечнаго свѣта не можетъ

оказывать замѣтнаго дѣйствія; но въ пространствѣ между солнцемъ и планетами, гдѣ пустота гораздо совершеннѣе той, которую мы можемъ получить въ нашихъ приборахъ, оно проявляется свободно и въ теченіе вѣковъ должно производить замѣтныя дѣйствія.

6. На основаніи предыдущаго ясно, что всякое тѣло солнечной системы испытываетъ двоякаго рода дѣйствія: оно притягивается къ солнцу и отталкивается отъ него свѣтовымъ давленіемъ.

Называя F и H эти силы, положимъ

(5) $$H = nF.$$

Такъ какъ обѣ силы измѣняются обратно-пропорціонально квадрату разстоянія отъ солнца, то понятно, что отношеніе этихъ силъ для даннаго тѣла не зависитъ отъ его положенія относительно солнца: если предыдущее равенство имѣетъ мѣсто гдѣ-нибудь, то оно справедливо и повсюду.

Положимъ, что наше тѣло есть шаръ радіуса r и плотности d и что оно находится гдѣ-нибудь на земной орбитѣ. Сила давленія солнечнаго свѣта на нашу сферу будетъ

$$H = \pi r^2 P,$$

гдѣ P есть свѣтовое давленіе на поверхности земли и, какъ выше найдено, $= 6 \cdot 10^{-5}$ dn/cm². Сила солнечнаго притяженія, приложенная къ нашей сферѣ, будетъ

$$F = \frac{4}{3} \pi r^3 d a,$$

гдѣ a ускореніе силы солнечнаго притяженія, которое равно 0,6 cm/s² *).

Подставляя найденныя значенія въ (5), находимъ

(6) $$rn = \frac{3}{4d} 10^{-4}.$$

---

*) Разстояніе земли отъ солнца $R = 15 \cdot 10^{12}$ cm., скорость обращенія земли около солнца $\sigma = 3 \cdot 10^6$ cm/s.; слѣдовательно $a = \sigma^2 / R = 0{,}6$. cm/s².

Итакъ для тѣла данной плотности произведеніе rn остается постояннымъ, т. е. n тѣмъ больше, чѣмъ меньше размѣры тѣла и наоборотъ. Слѣдовательно для тѣла значительныхъ размѣровъ n должно быть ничтожно; поэтому для такого тѣла сила свѣтового давленія исчезаетъ сравнительно съ солнечнымъ притяженіемъ, и наше тѣло приближается къ солнцу. По мѣрѣ уменьшенія размѣровъ тѣла n возрастаетъ и можетъ даже сдѣлаться $= 1$; тогда сила свѣтового давленія уравновѣшиваетъ силу солнечнаго притяженія. При еще меньшихъ размѣрахъ тѣла n становится > 1 и сила свѣтового давленія преодолѣваетъ силу солнечнаго притяженія: тогда наше тѣло удаляется отъ солнца.

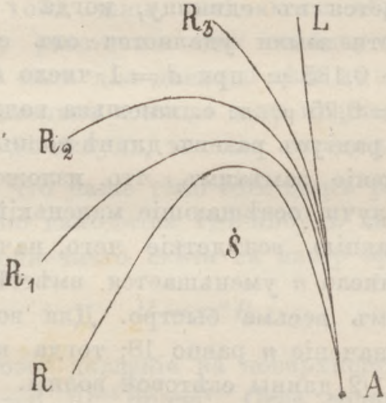
Изъ ур—ія (6) видно, что при $d = 5{,}5$ (плотность земли) число n обращается въ единицу, когда $r = 0{,}135\ \mu$, т. е. шарикъ плотности земли удаляется отъ солнца, если его радіусъ меньше $0{,}135\ \mu$; при $d = 1$ число n обращается въ единицу при $r = 0{,}75\ \mu$, т. е. капелька воды удаляется отъ солнца, если ея радіусъ равенъ длинѣ волны краснаго луча.

Въ заключеніе замѣтимъ, что изложенная теорія не совсѣмъ полна: лучи, освѣщающіе маленькій шарикъ, испытываютъ диффракцію, вслѣдствіе чего, начиная съ нѣкотораго радіуса, число n уменьшается вмѣстѣ съ размѣрами шарика и притомъ весьма быстро. Для водяной капельки максимальное значеніе n равно 18; тогда капелька имѣетъ діаметръ около 1/2 длины свѣтовой волны.

7. Свѣтовымъ давленіемъ объясняются нѣкоторыя небесныя явленія.

Покажемъ, что давленіе солнечныхъ лучей играетъ важную роль въ образованіи кометныхъ хвостовъ. Комета, какъ извѣстно, состоитъ изъ головы и хвостовъ; голова движется по эллипсу, а чаще еще по параболѣ, въ фокусѣ котораго находится солнце, а хвосты лежатъ въ плоскости ея орбиты и направлены отъ солнца, напоминая собою струи пара, отталкиваемыя солнцемъ. Голова кометы, по всей вѣроятности, состоитъ изъ скопленія метеоритовъ разной величины; проходя близъ солнца, эти метеориты сильно нагрѣваются и вслѣдствіе неравномѣрнаго расширенія раскалываются на болѣе мелкіе куски, отчасти же разсыпаются въ космическую пыль. Пусть въ извѣстный моментъ комета находится

въ A (фиг. 7), двигаясь съ извѣстною скоростью; крупные метеориты, составляющіе голову кометы, подъ вліяніемъ солнечнаго притяженія будутъ всѣ описывать одну траекторію R, ибо на нихъ свѣтовое давленіе не оказываетъ замѣтнаго дѣйствія; для болѣе мелкихъ метеоритовъ, на которые свѣтовое давленіе производитъ большее или меньшее дѣйствіе, траекторіи будутъ R_1, R_2,... и для космической пыли, для которой солнечное притяженіе преодолѣвается свѣтовымъ давленіемъ, траекторіею будетъ прямая L. Слѣдовательно наше скопленіе метеоритовъ непрерывно деформируется, принимая все болѣе удлиненныя и менѣе искривленныя формы; эти-то удлиненія и образуютъ хвосты кометы; мелкіе метео-



Фиг. 7.

риты вскорѣ разсѣиваются въ пространствѣ и ускользаютъ отъ наблюденія, послѣ чего можно слѣдить лишь за деформаціею головы кометы.

Отмѣтимъ еще дѣйствіе давленія солнечнаго свѣта на тѣ небесныя тѣла сравнительно большихъ размѣровъ, которыя обнаруживаютъ свое существованіе передъ своимъ исчезновеніемъ въ нашей атмосферѣ въ видѣ, такъ называемыхъ, падающихъ звѣздъ. Представимъ себѣ, что по земной орбитѣ движется тѣло въ 1 cm. діаметра плотности земли и совершенно черное; такъ какъ свѣтовое давленіе уменьшаетъ дѣйствующую на наше тѣло центростремительную силу, то для обращенія по земной орбитѣ оно должно обладать меньшею

скоростью, чѣмъ земля; именно полный оборотъ вокругъ солнца оно должно совершать въ годъ и 36 минутъ. Чѣмъ меньше тѣло, тѣмъ указанное дѣйствіе свѣтового давленія больше: тѣло діаметромъ въ 10^{-3} cm. имѣетъ годъ на 60 часовъ длиннѣе нашего.

Еще обратимъ вниманіе на то, что всякое тѣло солнечной системы нагрѣвается солнцемъ; тѣло, движущееся по земной орбитѣ, нагрѣвается до средней температуры земли; но нагрѣтое тѣло испускаетъ лучи, которые давятъ на него, и притомъ, какъ мы видѣли выше, спереди больше, чѣмъ сзади; слѣдовательно на наше тѣло дѣйствуетъ сила, задерживающая его движеніе; ускореніе этой силы прямо-пропорціонально скорости тѣла и обратно-пропорціонально его радіусу. Такимъ образомъ наше тѣло постепенно замедляетъ свое движеніе, теряетъ слѣдовательно свою энергію и потому, описывая спираль, постепенно приближается къ солнцу. Такъ шаръ въ 1 cm. діаметра плотности земли и совершенно черный въ теченіе перваго года приближается къ солнцу на 1,64 m., а чрезъ 45 милліоновъ лѣтъ достигаетъ солнца. На меньшія тѣла солнце дѣйствуетъ быстрѣе: шарикъ въ 0,001 cm. діаметра, сначала движущійся по земной орбитѣ, достигаетъ солнца чрезъ 45 тысячъ лѣтъ.

Общій выводъ изъ предыдущаго можно формулировать такъ: с о л н ц е н е т е р п и т ъ п ы л и: своимъ свѣтовымъ давленіемъ оно отталкиваетъ за предѣлы своей системы наиболѣе мелкія тѣла; своею теплотою оно нагрѣваетъ болѣе крупныя тѣла, которыя, постепенно теряя свою энергію, не могутъ противостоять солнечному притяженію, приближаются къ солнцу и сгораютъ на немъ.

8. Представимъ себѣ теперь два тѣла, удаленныхъ отъ всѣхъ другихъ тѣлъ и предоставленныхъ самимъ себѣ. На каждое изъ этихъ тѣлъ дѣйствуютъ сила притяженія другого тѣла и сила давленія лучей послѣдняго. Если силу притяженія назовемъ F, а силу давленія лучей H, то отношеніе H/F зависитъ отъ свойствъ лучеиспускающаго тѣла. Пойнтингъ нашелъ, что для двухъ деревянныхъ шаровъ при 16° C. это отношеніе $= 1$, если діаметры ихъ около 25 cm., тогда наши шары находятся въ равновѣсіи: сила

давленія лучей уравновѣшиваетъ силу взаимнаго притяженія. При болѣе высокой температурѣ это равновѣсіе имѣетъ мѣсто для бо́льшихъ шаровъ, при болѣе низкой температурѣ—для меньшихъ. Послѣ этого ясно, что большія тѣла въ концѣ концовъ соединяются, а меньшія удаляются другъ отъ друга.

Все это заставляетъ насъ признать, что всемірное тяготѣніе не единственная сила, управляющая вселенною; рядомъ съ нею дѣйствуетъ свѣтовое давленіе; совокупность этихъ двухъ силъ опредѣляетъ истинный характеръ явленій. Продукты конденсаціи солнечныхъ газовъ отталкиваются отъ солнца давленіемъ его лучей и въ видѣ мелкихъ частицъ (размѣрами отъ 0,5 до 1,5 μ.) распространяются въ міровомъ пространствѣ. Только тамъ, гдѣ солнечные лучи недостаточно ихъ нагрѣваютъ для того, чтобы онѣ могли взаимно отталкиваться, т. е. далеко за предѣлами солнечной системы и далеко отъ другихъ звѣздъ, космическія пылинки могутъ скопляться въ большія массы, въ матеориты, которые притягиваются большими небесными тѣлами и въ концѣ концовъ падаютъ на одно изъ нихъ.

Подъ дѣйствіемъ одного всемірнаго тяготѣнія разсѣянное въ міровомъ пространствѣ вѣсомое вещество скоплялось бы въ одну большую массу съ постепенно выравнивающеюся температурою. Это былъ бы—по Клаузіусу—конецъ міра. Свѣтовое давленіе дѣйствуетъ дезинтегрирующимъ образомъ и, повидимому, открываетъ возможность безконечному кругообороту матеріи.

Кіевъ.
Январь. 1912.

О лабораторныхъ урокахъ по физикѣ.

И. А. Челюсткина[1]).

Лабораторные уроки въ преподаваніи математики, физики и др. отдѣловъ естествознанія являются новыми методическими вопросами послѣдняго времени.

Въ послѣдніе годы чувствуется особенное оживленіе въ методахъ преподаванія физики.

Въ настоящее время уже не доказывается необходимость экспериментальнаго преподаванія: преподаватель физики, не владѣющій экспериментомъ, и учебное заведеніе, не имѣющее такъ или иначе приспособленнаго помѣщенія для преподаванія физики—уже рѣдкое явленіе. Лабораторное дѣло въ смыслѣ классныхъ демонстрацій поднято на должную высоту. Тѣмъ не менѣе опытное преподаваніе не представляетъ собою исчерпывающаго положенія съ методической стороны въ смыслѣ улучшенія преподаванія физики. Мы не можемъ ограничиться развитіемъ у нашихъ учащихся простого воспріятія наблюдаемыхъ ими явленій и классныхъ опытовъ; всякое воспріятіе, будучи само по себѣ пассивнымъ, дѣлается утомительнымъ и скучнымъ; чтобы оно принесло всю возможную пользу, необходимо поставить его въ соотвѣтствіе съ творческой дѣятельностью учащихся. Самодѣятельность учащихся, развитіе ихъ активной творческой дѣятельности сдѣлались предметомъ особаго вниманія всѣхъ педагоговъ и въ особенности преподавателей физики, такъ какъ послѣдняя представляетъ наиболѣе богатый

[1]) По поводу книги Ив. Глинка: Опытъ по методикѣ физики. Лабораторные уроки въ средней школѣ. (Книгоизд. „Образованіе". Спб. 1911 г.). Извлеченіе изъ сообщенія въ засѣданіи отдѣленія естествознанія Рижскаго педагогическаго общества. Мартъ. 1911 г.

матеріалъ для этого. Отсюда и вытекаетъ сознаніе необходимости введенія практическихъ занятій для учащихся въ лабораторіи. Многія школы организовали практическія занятія, другія намѣрены ихъ ввести. Въ нѣкоторыхъ учебныхъ заведеніяхъ такія занятія ведутся систематически въ опредѣленные часы, въ другихъ—эти занятія нообязательны: ученикамъ-любителямъ физики такъ или иначе представляется возможность практически заниматься по физикѣ въ такъ называемыхъ физическихъ кабинетахъ. Тамъ-же, гдѣ по чему-либо нельзя поставить обязательныя практическія занятія, если и достигаются болѣе или менѣе положительные результаты другими способами, то это всетаки далеко отъ того, что могло-бы дать экспериментированіе самихъ учащихся.

Наиболѣе раціональными въ настоящее время считаются занятія, такъ называемыя „на одинъ фронтъ", но и они, не получивъ еще окончательнаго развитія, не рѣшаютъ задачи о преподаваніи физики наилучшимъ образомъ и видоизмѣняются въ такъ называемые „лабораторные уроки". Учащіеся съ первыхъ уроковъ вводятся въ лабораторію, и „здѣсь, а не въ физическомъ классѣ, говоритъ Глинка, съ методически разработаннаго и органически связаннаго съ курсомъ самостоятельнаго эксперимента учащіеся должны начинать обученіе физики". Такія работы не составляютъ дополненія къ курсу и не идутъ параллельно съ нимъ, а составляютъ самую его сущность. Данныя этихъ работъ представляютъ тотъ матеріалъ, обсужденіе котораго приводитъ самихъ учениковъ къ основнымъ понятіямъ и положеніямъ курса.

Лабораторный методъ, считаемый лучшимъ и даже единственно правильнымъ при обученіи естествознанія вообще, фактически проводится, какъ намъ извѣстно, во многихъ учебныхъ заведеніяхъ Западной Европы и Америки.

Судя по нѣкоторымъ отчетамъ, ведущіе преподаваніе такимъ способомъ раздѣляютъ весь учебный матеріалъ физики на отдѣльные проблемы, разрѣшеніе которыхъ знакомитъ учащихся со способами научныхъ изслѣдованій, вводитъ въ кругъ новыхъ понятій, вызываетъ на очередь новые вопросы, вытекающіе изъ данныхъ, что, конечно, является цѣннымъ упражненіемъ логическаго мышленія.

Такое прохожденіе курса для каждаго вопроса распадается на три части: 1) постановка вопроса, 2) его разрѣшеніе и 3) оцѣнка его значенія. Преподаватель долженъ рядомъ вопросовъ вызвать въ памяти учениковъ всѣ теоретическія и практическія свѣдѣнія о данномъ вопросѣ, которыми они уже обладаютъ, придти, можетъ быть, къ новымъ понятіямъ (не давая имъ пока строгаго опредѣленія), обсудить возможныя и вѣроятныя соотношенія между понятіями и, наконецъ, формулировать вопросъ съ указаніемъ, какіе опыты могли бы его разрѣшить. Разрѣшеніе этого вопроса должно производиться самими учениками съ помощью самостоятельно поставленныхъ и произведенныхъ опытовъ, и только въ нѣкоторыхъ случаяхъ эти опыты производятся преподавателями въ классѣ. Такимъ образомъ ведутся занятія въ упомянутыхъ учебныхъ заведеніяхъ. Осуществленіе этого метода, какъ намъ казалось до сихъ поръ, должно требовать очень большихъ расходовъ. Классная комната, лабораторія для учениковъ, комната для работъ преподавателя, комната для храненія приборовъ, мастерская, складъ для посуды и запасныхъ матеріаловъ,—все это должно быть какъ слѣдуетъ оборудовано и сконцентрировано одно вблизи къ другому. Такъ, по крайней мѣрѣ, обстоитъ дѣло тамъ, гдѣ уже ведется преподаваніе лабораторнымъ способомъ. Напримѣръ, въ одномъ Гамбургскомъ реальномъ училищѣ для преподаванія физики отведено 8-мъ комнатъ съ общей поверхностью пола въ 300 кв. метровъ, въ другомъ Гамбургскомъ реальномъ училищѣ—7 комнатъ въ 250 кв. м., въ Фридрихской реальной гимназіи въ Берлинѣ 5 комнатъ въ 235 кв. м., и т. д. Вотъ почему осуществленіе у насъ лабораторнаго способа преподаванія физики намъ рисовалось только въ будущемъ... Поэтому практическое осуществленіе лабораторнаго метода въ той скромной обстановкѣ и тѣми небольшими средствами, которыми обладаетъ большинство нашихъ средне-учебныхъ заведеній, представляетъ собою смѣлое и отрадное явленіе въ нашей школьной практикѣ.

Подробный отчетъ о такихъ работахъ и принципіальное обоснованіе упомянутаго метода мы встрѣчаемъ въ недавно вышедшей книгѣ Ив. Глинки: „Опытъ по методикѣ

физики". „Цѣль настоящей книги, какъ говоритъ авторъ, показать, что организація курса по методу лабораторныхъ уроковъ осуществима при самыхъ обыкновенныхъ и обычно неблагопріятныхъ условіяхъ". Даже при бѣгломъ просмотрѣ этой книги очевидно, что г. Глинка съ успѣхомъ достигаетъ указанной цѣли.

Предлагаемая книга раздѣляется на двѣ части: въ 1-й— принципіальное обоснованіе лабораторнаго метода и практическія указанія возможности осуществленія его; а 2-я, наиболѣе интересная для преподавателей-спеціалистовъ, представляетъ собой описаніе въ видѣ отчета самыхъ работъ, предлагавшихся ученикамъ. Постараемся вкратцѣ передать ту часть, гдѣ авторъ говоритъ о возможности и доступности веденія лабораторнаго курса въ условіяхъ обычной нашей школьной обстановки. Лабораторный курсъ, практикуемый авторомъ съ 1908 г., представляетъ собою пока только первую ступень общаго курса физики. Эта ступень обнимаетъ курсъ VI класса гимназіи. Не только необходимость крупныхъ затратъ и ограниченность времени удерживаютъ г. Глинку отъ введенія класснаго экспериментированія на второй ступени физики, но и другія соображенія. Исключительно лабораторное прохожденіе всего курса по необходимости повело бы къ значительному его сокращенію и сдѣлало-бы курсъ слишкомъ элементарнымъ не только по содержанію, но и по способу трактованія вопросовъ.

Предлагаемый лабораторный курсъ раздѣляется на три части: первая часть заключаетъ въ себѣ нѣкоторые общіе вопросы объ измѣреніи, нѣкоторые способы опредѣленія удѣльныхъ вѣсовъ и нѣсколько частныхъ задачъ, рѣшаемыхъ при помощи удѣльнаго вѣса. Вторая часть обнимаетъ ученіе о нѣкоторыхъ явленіяхъ въ газахъ и жидкостяхъ и измѣреніе давленій въ нихъ. Центральнымъ вопросомъ здѣсь является законъ Паскаля со всѣми его слѣдствіями, включая въ ихъ число и законъ Архимеда. Въ обѣ эти части входятъ нѣкоторые основные вопросы механики: понятіе о работѣ, начало сохраненія работы—въ приложеніи къ рычагу и гидравлическому прессу, и третье начало Ньютона о равенствѣ дѣйствія и противодѣйствія. Третья

часть курса, посвященная явленіямъ теплоты, заключаетъ въ себѣ главнѣйшіе вопросы калориметріи.

Техника веденія лабораторнаго урока на протяженіи курса обусловливается характеромъ данной работы, а также временемъ, которое требуется для ея выполненія и обсужденія результатовъ; но въ типичныхъ своихъ чертахъ эта техника сводится къ слѣдующему: преподаватель въ связи съ прошлымъ урокомъ ставитъ новый вопросъ, который долженъ служить темою работы. Общими силами класса выясняется методъ и планъ рѣшенія задачи. Затѣмъ при надобности демонстрируется сборка и расположеніе приборовъ для данной работы, и послѣ всего этого ученики приглашаются перейти изъ физическаго класса въ расположенную рядомъ лабораторію. Къ этому времени въ лабораторіи на своихъ мѣстахъ уже размѣщены приборы, нужные для работъ, въ несобранномъ видѣ. Ученики работаютъ группами по двое надъ каждымъ приборомъ. По оканчаніи работы ученики убираютъ приборы, чтобы оставить ихъ въ томъ же видѣ, въ какомъ они ихъ застали, и затѣмъ отправляются на свое мѣсто въ физическій классъ, гдѣ приступаютъ, если позволяетъ время, къ обработкѣ своихъ наблюденій.

Къ слѣдующему уроку каждый ученикъ обязанъ въ другой особой тетради обработать свою задачу и вывести изъ нея свое заключеніе. Въ началѣ урока одинъ изъ учениковъ дѣлаетъ сообщеніе о произведенной работѣ. На доскѣ выписываются результаты работъ. Затѣмъ работы подвергаются критикѣ со стороны источниковъ возможныхъ ошибокъ; наконецъ, выясняется, какія заключенія сдѣланы различными учениками въ данной работѣ и путемъ обсужденія и разбора ихъ выводится окончательное заключеніе, устанавливающее какое-либо основное понятіе или положеніе курса. Въ этомъ окончательномъ видѣ заключенія должны быть внесены учениками въ свои тетради. Такимъ образомъ, эти тетради содержатъ въ себѣ почти всѣ вопросы курса и замѣняютъ собою учебникъ. Г. Глинка, считая организацію курса по методу лабораторныхъ уроковъ доступной для всякой средней школы, обладающей скромными средствами, предвидитъ возможныя возраженія и старается ихъ предупредить.

Препятствіями къ осуществленію упомянутыхъ уроковъ могли-бы служить: 1) оффиціальныя программы, 2) количество учебныхъ часовъ, 3) недостатокъ средствъ для обезпеченія должнаго порядка и руководства во время урока, 4) скудность кредитовъ, отпускаемыхъ на физическіе кабинеты, и наконецъ 5) отсутствіе разработаннаго курса для предлагаемой постановки. По поводу этихъ возможныхъ возраженій г. Глинка указываетъ: во—1-хъ, что содержаніе предлагаемаго имъ курса не очень значительно отличается отъ курса оффиціальныхъ программъ М. Н. П.; статика оффиціальной программы отнесена къ отдѣлу механики старшихъ классовъ и замѣнена нѣкоторыми необходимыми въ началѣ-же понятіями и положеніями механики; кромѣ того, въ курсъ VI класса переносится большая часть курса теплоты. Такъ что о сокращеніи курса не приходится говорить. Во—2-хъ, постановка лабораторныхъ уроковъ возможна при всякомъ числѣ уроковъ; хотя авторъ имѣлъ въ виду 3 часа въ недѣлю, но изъ 44 предложенныхъ работъ, по указанію самого автора, нѣкоторыя можно выпустить и сократить ихъ до 37. Въ—3-хъ, желательны двѣ комнаты: лабораторія и физическій классъ; но за неимѣніемъ первой можно ограничиться и однимъ классомъ, замѣнивъ наклонныя парты прямыми. Приборы хранятся въ отдѣльномъ большомъ шкапу. При лабораторныхъ урокахъ помощникъ преподавателю не нуженъ; достаточна помощь служителя, который разставляетъ для работъ приборы, убираетъ ихъ въ шкапъ, заготовляетъ нужные матеріалы и проч. Въ—4-хъ, для пріобрѣтенія необходимаго инвентаря, какъ указываетъ авторъ, можно ограничиться даже суммою въ 276 руб.; при этомъ имѣется въ виду пріобрѣтеніе приборовъ на 20 комплектовъ, т. е. въ разсчетѣ на 40 учениковъ въ классѣ. Г. Глинка приводитъ подробныя данныя о затратахъ, которыя были сдѣланы гимназіей Императора Александра I въ С.-Петербургѣ, при введеніи въ ней курса по методу лабораторныхъ уроковъ. Текущіе расходы совсѣмъ ничтожны. Авторъ констатируетъ самое бережное обращеніе учениковъ съ приборами: не только термометръ или мензурку, но и простую пробирку или стаканъ они разбиваютъ рѣдко; даже наборы

мелкихъ разновѣсокъ, при строгомъ соблюденіи порядка въ ихъ пользованіи, почти не требуютъ пополненія ихъ послѣ года работы. И наконецъ, въ—5-хъ, что касается вопроса объ отсутствіи разработаннаго соотвѣтственнаго курса, то авторъ надѣется, что совокупными длительными усиліями выработается то, что сможетъ замѣтить старые пріемы и методы. Желая содѣйствовать скорѣйшему успѣху въ этой работѣ, Глинка и предлагаетъ спеціалистамъ ознакомиться съ его опытомъ методической разработки и техническаго оборудованія лабораторнаго курса.

Вторая часть этой книги особенно цѣнна потому, что не представляетъ собою изложенія только плановъ и предположеній о томъ, что и какъ могло-бы быть, но представляетъ собою подробное описаніе самихъ опытовъ двухлѣтней практики.

Большинство предлагаемыхъ работъ отличаются простотою и убѣдительностью постановки. Намъ только представляется болѣе желательнымъ замѣнить спиртовыя лампочки газовыми горѣлками, (Бунзенскими—болѣе простой конструкціи). Если въ физическій кабинетъ проведенъ газъ, то устройство 10 двойныхъ газовыхъ рожковъ и пріобрѣтеніе горѣлокъ незначительно повыситъ расходы по пріобрѣтенію приборовъ. Тѣмъ болѣе, что возможна нѣкоторая компенсація въ расходахъ: напримѣръ—замѣною калориметровъ стаканами въ войлочныхъ футлярахъ (что сдѣлаютъ ученики сами), или—приборовъ, указанныхъ авторами для вывода закона Бойля-Маріотта, такъ называемыми оборотными трубками (стеклянныя толстостѣнныя трубки около 60 см., съ одного конца запаянныя, съ ртутнымъ столбикомъ въ 15—10 см. При существованіи газа не только ускорится исполненіе нѣкоторыхъ работъ по теплотѣ, но возможны и другія работы, и, напримѣръ въ работѣ 43-й, возможно измѣненіе постановки, неудовлетворяющей и самого автора, замѣною указанныхъ приборовъ круглодонною колбой со стеклянной трубкой, вставленной почти до дна. Вода въ этой колбѣ, опрокинутой дномъ кверху, нагрѣвается кольцеобразной бунзенской горѣлкой, а наружный конецъ стеклянной трубки опускается прямо въ калориметръ. При такой постановкѣ

получаются болѣе удовлетворительные результаты. Можетъ быть, можно было-бы сдѣлать и другія замѣчанія по поводу тѣхъ или другихъ работъ, но это нисколько не ослабило-бы значенія положительныхъ сторонъ и достоинствъ книги г. Глинки. Мы увѣрены, что тѣ или другіе возможные недочеты въ этой работѣ будутъ устранены въ самомъ непродолжительномъ времени, такъ какъ навѣрно эта книга послужитъ побудителемъ для проведенія лабораторнаго метода и въ другихъ учебныхъ заведеніяхъ.

Рига.

Строеніе солнечной атмосферы.

Г. Деландра[1]).

Солнце, изученію котораго посвященъ этотъ докладъ, представляетъ очень интересный предметъ для изслѣдованія. Всѣ люди сознаютъ болѣе или менѣе ясно, что судьба земли тѣсно связана съ судьбою солнца, и что человѣку необходимо познакомиться съ природой солнца, съ его лучеиспусканіемъ, его измѣненіями, однимъ словомъ—изучить съ возможною полнотою и точностью его дѣйствіе на нашъ земной шаръ. Мы находимся въ полной зависимости отъ солнца, и это было недавно въ высшей степени просто выражено однимъ французскимъ политикомъ, теперешнимъ министромъ финансовъ, къ которому я обратился за разрѣшеніемъ спеціальнаго кредита для Медонской обсерваторіи на работы по изслѣдованію солнца. Сначала онъ отказалъ, ссылаясь на непрерывное увеличеніе государственныхъ расходовъ, но когда я сталъ настаивать, онъ воскликнулъ: „Вы правы, солнце это нашъ общій властелинъ; нужно непремѣнно что нибудь сдѣлать". Вотъ какимъ образомъ Медонская обсерваторія могла прибавить къ своему нормальному бюджету небольшую сумму, оказавшую намъ существенную помощь въ изслѣдованіяхъ, о которыхъ я имѣю честь докладывать вамъ сегодня.

Современное изслѣдованіе солнца требуетъ весьма дорогого оборудованія, сложныхъ приборовъ и спеціально подготовленнаго личнаго состава, опытнаго какъ въ физическихъ, такъ и астрономическихъ наблюденіяхъ. Но солнце свѣтитъ для всѣхъ и даетъ возможность созрѣвать всѣмъ жатвамъ,

---

[1]) Докладъ, прочитанный въ Великобританскомъ Королевскомъ Институтѣ. „The Nature". №№ 2152 и 2153.

поэтому вполнѣ естественно, чтобы всѣ обитатели нашей планеты принимали посильное участіе въ расходахъ на изслѣдованіе солнца. Исходя изъ этого взгляда, я предложилъ нѣсколько лѣтъ тому назадъ Астрономическому французскому обществу ввести всеобщій налогъ на солнце, впрочемъ весьма низкій. Однако, если бы каждый французъ платилъ не больше, чѣмъ пять сантимовъ въ годъ на изслѣдованіе солнца, то общая сумма была бы значительна и могла бы обезпечить непрерывную регистрацію состоянія солнца и его измѣненій, что въ свою очередь способствовало-бы болѣе глубокому изученію этого свѣтила. Но новыхъ налоговъ и безъ того дѣлается все больше и больше, и поэтому по всей вѣроятности даже самый ничтожный налогъ на солнце былъ бы безспорно отвергнутъ. Впрочемъ, считаю не лишнимъ замѣтить, что современный культурный человѣкъ, въ особенности горожане, мало интересуются солнцемъ; они соцерцаютъ его меньше, чѣмъ первобытные люди и дикари, у которыхъ нѣтъ ни часовъ, ни календаря.

Обращаться за всѣмъ къ правительству, это чисто французская привычка. Гораздо лучше, какъ это принято въ Англіи, обращаться къ частной иниціативѣ просвѣщенныхъ и щедрыхъ людей. Этимъ путемъ былъ основанъ Королевскій институтъ, давшій начало столькимъ новымъ открытіямъ и выработавшій столько выдающихся ученыхъ. Этотъ прекрасный примѣръ могъ бы служитъ назиданіемъ для всѣхъ, но онъ нашелъ многочисленныхъ послѣдователей лишь въ Америкѣ, гдѣ наибольшія обсерваторіи и въ особенности обсерваторіи, посвященныя солнцу, возникли по иниціативѣ и на средства частныхъ лицъ.

Нельзя отрицать, что за послѣдніе пятьдесятъ лѣтъ, благодаря большимъ открытіямъ, благодаря поддержкѣ со стороны правительства и меценатовъ, изученіе солнца значительно подвинулось впередъ. Астрономы могли мало по малу придать ему серьезную и постоянную организацію и приступитъ даже къ полному изслѣдованію всей атмосферы свѣтила, что прежде считалось недоступнымъ.

Самымъ важнымъ открытіемъ въ этой области слѣдуетъ считать періодическое измѣненіе темныхъ пятенъ солнца, а равно измѣненія, которымъ подвержены свѣтя-

щіеся факелы на его поверхности, и его очень глубокая атмосфера. Вся дѣятельность солнца подвержена большому общему колебанію, и что еще болѣе странно, это колебаніе распространяется на землю, по крайней мѣрѣ на элементы ея магнитизма.

Распространеніе солнечной дѣятельности на землю имѣетъ особое значеніе, и здѣсь лежитъ главный залогъ той популярности, которою теперь пользуются изслѣдованія солнца. Послѣ открытія Сабиномъ и Ламономъ соотвѣтствія между измѣненіями земного магнитизма и солнца, англійскіе ученые обратили особенное вниманіе на солнечныя пятна и впервые организовали фотографическую регистрацію какъ солнечныхъ пятенъ, такъ и элементовъ магнитизма въ нѣсколькихъ мѣстахъ земного шара, и всѣ эти документы стали собирать въ одной центральной обсерваторіи для приведенія ихъ въ порядокъ. Въ этой области хорошо извѣстны работы Эллиса и Маундера, не слѣдуетъ забывать также о работахъ Локьера и Шустера, которые открыли недавно въ измѣненіяхъ солнечныхъ пятенъ періоды меньше и больше главнаго одиннадцатилѣтняго періода.

Дѣйствіе, оказываемое солнцемъ на землю, приписываютъ обыкновенно пятнамъ; но оно можетъ равнымъ образомъ зависѣть и отъ солнечной атаосферы, которая подвержена тѣмъ же измѣненіямъ. Вотъ почему очень важно изучить и подробно описать эту атмосферу. Скоро будетъ двадцать лѣтъ, какъ я посвятилъ себя изслѣдованію всей солнечной атмосферы, и сегодня я желаю изложить передъ вами самые свѣжіе результаты, благодаря которымъ мнѣ удалось обнаружить еще неизслѣдованный до сихъ поръ составъ верхнихъ слоевъ этой атмосферы.

Атмосфера затменій на внѣшнемъ краю солнца.

Солнечная атмосфера предстала впервые передъ человѣкомъ во время полныхъ затменій, на внѣшнемъ краю солнца. Она кажется тогда свѣтящимся кольцомъ, между темнымъ дискомъ луны и потемнѣвшимъ фономъ неба. Начиная отъ луны и солнечнаго края, она состоитъ изъ двухъ различныхъ частей: узкой и яркой хромосфе-

ры розоваго цвѣта, изъ которой выдѣляются розовые протуберанцы, и болѣе блѣдной, но за то весьма мощной короны. Въ дальнѣйшемъ я буду главнымъ образомъ говорить о хромосферѣ и протуберанцахъ.

Въ обыкновенное время свѣтящееся кольцо затменій не видно на болѣе яркомъ фонѣ нашего неба. Чтобы устранить вредный эффектъ этого яркаго экрана, англійскій астрономъ сэръ Норманъ Локьеръ въ 1867 г. впервые попытался примѣнить спектроскопъ и изучить спектръ свѣтящагося кольца, сдѣлавъ весьма вѣроятное допущеніе, что солнечная атмосфера газообразна. Это была геніальная идея, которая не замедлила принести плоды.

Затменіе 1868 г. въ самомъ дѣлѣ показало, что розовые протуберанцы состоятъ главнымъ образомъ изъ раскаленнаго водорода, испускающаго тѣ же лучи, что и въ лабораторіяхъ подъ вліяніемъ электрическаго разряда, и въ особенности яркую красную линію, обозначаемою символомъ $H\alpha$. Послѣ этого затменія, Жансенъ въ Индіи, а Локьеръ въ Англіи находятъ при помощи спектроскопа и красной линіи протуберанцы и хромосферу затменій. Этотъ результатъ былъ встрѣченъ съ вполнѣ заслуженнымъ энтузіазмомъ, и уже сорокъ лѣтъ этотъ простой и вѣрный методъ ежедневно примѣняется для распознаванія какъ хромосферы, такъ и положенія и формы протуберанцовъ. Изслѣдованія эти гораздо увлекательнѣе, чѣмъ изученіе солнечныхъ пятенъ, такъ какъ протуберанцы обладаютъ самыми разнообразными формами и претерпѣваютъ самыя быстрыя измѣненія. Онѣ появляются на всѣхъ широтахъ и также слѣдуютъ одиннадцатилѣтнему періоду пятенъ, но продолжительность ихъ минимума больше.

Спекральное изслѣдованіе солнечнаго края въ обыкновенное время, а еще лучше во время затменій, позволяетъ изучить химическій составъ хромосферы и наименьшую высоту каждаго пара, опредѣляемую изъ длины соотвѣтственной линіи въ спектрѣ.

Какъ общее правило, можно отмѣтить, что пары съ малымъ атомнымъ вѣсомъ и легкіе газы подымаются до наибольшей высоты; таковы, напримѣръ, водородъ и гелій. Наиболѣе высокая линія этихъ двухъ газовъ, это красная

линія $H\alpha$ водорода; высоты же и яркости остальныхъ водородныхъ линій уменьшаются по мѣрѣ приближенія отъ краснаго къ ультрафіолетовому.

Но самыя высокія изъ всѣхъ линій, это весьма яркія фіолетовыя линіи *H* и *K*, испускаемыя соединеніями кальція. Въ виду высокаго атомнаго вѣса и плотности паровъ кальція явленіе это можетъ казаться довольно страннымъ, но оно объясняется весьма просто, сообразно со взглядами Локьера, диссоціаціей кальція на солнцѣ и въ электрической искрѣ нашихъ лабораторій. Линіи *H* и *K*, исключительныя во всѣхъ отношеніяхъ, особенно ярки у солнечнаго края, вслѣдствіе чего протуберанцы легко снимать при помощи обыкновенныхъ фотографическихъ пластинокъ.

Съ другой стороны, гораздо болѣе многочисленные, тяжелые пары мало подымаются въ атмосферу солнца и видимы ясно только во время затменій. Они образуютъ нижній слой хромосферы, сравнительно весьма яркій и называемый обращающимъ слоемъ.

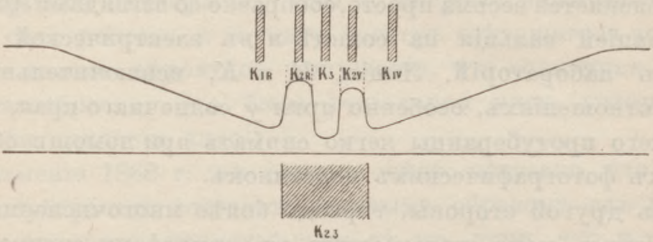
Проекція атмосферы на дискъ и средній слой.

Таковы главные результаты, полученные при помощи метода Локьеръ—Жансена. Они, безъ сомнѣнія, замѣчательны, но въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ не достаточно полны. Они примѣнимы только къ части хромосферы, лежащей за солнечнымъ краемъ, внутренняя-же часть, проектируемая на солнечный дискъ, проекція которой въ 50 разъ больше первой, не поддается этому методу. Указанный пробѣлъ былъ пополненъ въ 1892—1894 гг., когда былъ найденъ вполнѣ общій методъ, который позволилъ открывать всѣ тяжелые и легкіе пары и непрерывное чередованіе ихъ слоевъ на всемъ солнечномъ полушаріи, обращенномъ къ землѣ.

У солнечнаго края линіи паровъ ярко выступаютъ на сплошномъ спектрѣ нашего неба; но на дискѣ линіи эти, какъ извѣстно, черныя, потому что служащій имъ фономъ сплошной спектръ солнца обладаетъ значительно большей яркостью. На первый взглядъ трудности здѣсь какъ будто гораздо большія.

Но линіи *H* и *K* кальція представляютъ исключеніе изъ этого правила, что было одновременно признано въ

1892 г. Гэлемъ и Деландромъ. Эти черныя линіи весьма широкія и даже самыя широкія во всемъ солнечномъ спектрѣ; но въ тѣхъ точкахъ поверхности, гдѣ находится факелъ, онѣ обращены; другими словами, онѣ представляютъ въ своемъ центрѣ блестящую, даже двойную, линію, видимую на темномъ фонѣ широкой черной линіи не хуже, чѣмъ



Фиг. 1.

Кривая яркости солнечнаго спектра на мѣстѣ широкой черной линіи K. Штрихованными линіями обозначены положенія щелей спектрогеліографовъ.

линіи протуберанцовъ на внѣшнемъ краю. (См. фиг. 1, гдѣ показана линія K и ея слагающія K_{1V}, K_{2V}, K_3, K_{2R}, K_{1R}).

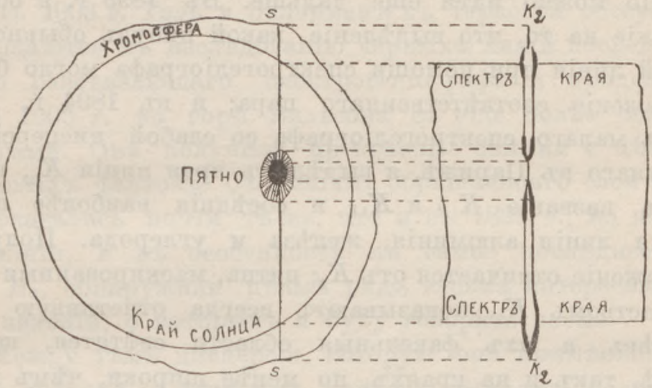
Результатъ этотъ былъ полученъ Гэлемъ посредствомъ спектрогеліографа, новаго и довольно сложнаго прибора, который изолируетъ любую радіацію посредствомъ второй щели и даетъ благодаря ея движенію монохроматическое изображеніе свѣтила. Я съ своей стороны примѣнялъ обыкновенный спектрографъ и чередующіеся разрѣзы, хотя и уже самъ рекомендовалъ спектрогеліографъ.

Между тѣмъ оба наблюдателя оказались въ противорѣчіи относительно одного основнаго вопроса. Гэль помѣщалъ открытые такимъ образомъ пары въ самомъ факелѣ, подъ поверхностью, я же помѣщалъ ихъ надъ поверхностью, въ самой атмосферѣ. Обыкновенный спектрографъ позволяетъ рѣшить этотъ вопросъ вполнѣ, и въ этомъ отношеніи я ставлю его выше спектрогеліографа.

Двойная линія K_2 свѣтитъ не только на факелахъ, но и на всѣхъ остальныхъ точкахъ диска, хотя тамъ она гораздо слабѣе и поэтому трудно замѣтна. Кромѣ того, свѣтящаяся линія K_2 всегда отчетливо видна на внутреннемъ краю диска,

а продолженіе ея на внѣшнемъ краю диска представляетъ тождественную свѣтящуюся двойную линію (см. фиг. 2, на которой схематично изображенъ общій видъ линіи K_2 на краю солнца и на пятнѣ).

Въ виду того, что внѣшняя краевая линія изображаетъ по опредѣленію хромосферу, можно сдѣлать слѣдующее



Фиг. 2. Схематическая.

ss—разрѣзъ солнца, сдѣланный щелью спектроскопа; хромосфера и пятно сильно преувеличены. K_2—блестящая линія, приписываемая парамъ кальція и появляющаяся по серединѣ черной линіи K нормальнаго спектра; она одиночная и тонкая надъ пятнами и въ верхней части хросмосферы, въ остальныхъ-же мѣстахъ—двойная, причемъ раздѣляется на двѣ свѣтлыя линіи центральной черной линіей K_2.

заключеніе: спектрогеліографическое изображеніе линіи K_2 представляетъ проекцію всей хромосферы свѣтила на дискъ.

Впрочемъ, первыя полныя изображенія кальція, воспроизведенныя въ Парижѣ въ 1894 г., обнаруживаютъ свѣтящіяся факельныя полосы болѣе широкія, чѣмъ полосы на поверхности, и кромѣ нихъ—меньшія свѣтящіяся части, называемыя теперь флокулами, присутствіе которыхъ на полюсахъ я провѣрилъ въ годы минимума и въ продолженіи всего одиннадцатилѣтняго періода.

Свѣтящаяся линія K_2 остается двойной на внѣшнемъ краю до 4′ или 5′ дуги, и такъ какъ хромосфера достигаетъ на краю высоты 10″, то можно сказать, что изображеніе этой двойной линіи представляетъ среднюю хромосферу.

Въ заключеніе слѣдуетъ замѣтить, что если первый спектрогеліографъ, давшій положительные результаты, былъ построенъ въ Америкѣ, то во всякомъ случаѣ во Франціи была впервые изучена вся хромосфера солнца.

Нижняя хромосфера.

Но можно идти еще дальше. Въ 1893 г. я обратилъ вниманіе на то, что выдѣленіе какой нибудь обыкновенной черной линіи при помощи спектрогеліографа могло бы дать изображеніе соотвѣтственнаго пара; и въ 1894 г. посредствомъ малаго спектрогеліографа со слабой дисперсіей, построеннаго въ Парижѣ, я выдѣлилъ края линіи K_2, которые носятъ названіе K_{1R} и K_{1V} и сосѣднія наиболѣе широкія черныя линіи алюминія, желѣза и углерода. Полученное изображеніе отличается отъ K_2; пятна, маскированныя иногда посредствомъ K_2, показываютъ всегда отчетливую тѣнь и полутѣнь, а ихъ факельныя области свѣтятся, какъ въ центрѣ, такъ и на краяхъ, но менѣе широки, чѣмъ въ изображеніи K_2. Въ самомъ дѣлѣ, это новое изображеніе представляетъ нѣчто промежуточное между изображеніемъ поверхности и изображеніемъ средняго слоя хромосферы K_2. Оно даетъ изображеніе всего обращающаго слоя, которое было получено такимъ образомъ въ первый разъ.

Я замѣтилъ тогда, что болѣе сильная дисперсія дала-бы возможность выдѣлить болѣе тонкія линіи, которыя наиболѣе многочисленны, и въ особенности малую черную центральную линію K_3, отвѣчающую верхнему слою хромосферы. Методъ этотъ такимъ образомъ является общимъ; онъ даетъ изображеніе всѣхъ солнечныхъ паровъ, а равнымъ образомъ изображеніе ихъ послѣдовательныхъ наслоеній, по крайней мѣрѣ въ томъ случаѣ, когда линія можетъ быть расщеплена на отдѣльныя части, какъ напримѣръ, широкая линія K.

Число солнечныхъ линій достигаетъ 20,000, а по Джюэлю всѣ солнечныя линіи обладаютъ въ большей или меньшей степени строеніемъ этой типичной линіи кальція. Такимъ образомъ, для новыхъ изслѣдованій открывается огромное поле.

Позднѣйшія изслѣдованія. Большой спектрогеліографъ новаго типа.

Такимъ образомъ, намѣченная въ 1894 г. программа изслѣдованій весьма обширна. Она была отчасти примѣнена въ послѣдующіе годы и привела къ несомнѣннымъ, хотя и не слишкомъ быстрымъ успѣхамъ.

Въ 1903 г. Гэль и Эллерманъ въ Іеркской обсерваторіи возвращаются къ изслѣдованію черныхъ линій посредствомъ сильно разсѣивающаго спектрогеліографа и продолжаютъ его съ 1906 г. на горѣ Вильсона съ еще болѣе сильными приборами. Они получили прекрасные снимки и цѣлую серію новыхъ фактовъ. Съ линіями обращающаго слоя результаты оказались почти тѣ-же, что и въ 1894 г.; но водородныя линіи, и въ особенности въ самое послѣднее время линія $H\alpha$, обнаружили цѣлый рядъ весьма интересныхъ новыхъ явленій, о которыхъ я буду говорить позже.

Между тѣмъ дисперсія, которую они примѣняли, была только средняя, и если имъ удалось выдѣлить бо́льшее количество линій, чѣмъ въ 1894 г., то все-же наиболѣе тонкія линіи остались пока невыдѣленными. Дальше, даже въ тѣхъ случаяхъ, когда имъ удалось выдѣлить цѣлую линію, они не расщепляли ея на отдѣльныя части и потому не опредѣляли послѣдовательныхъ слоевъ пара. Ихъ изображеніе представляетъ смѣсь нѣсколькихъ отдѣльныхъ изображеній и нѣсколькихъ слоевъ.

Я задался цѣлью пополнить этотъ пробѣлъ и довести до конца намѣченную въ 1894 г. программу, т. е. выдѣлить отчетливо нераспознанныя еще верхніе слои. Сдѣлавшись въ 1907 г. директоромъ Медонской обсерваторіи, я могъ использовать для этой цѣли отпускаемыя на нее суммы, а вышеупомянутый добавочный кредитъ также оказалъ намъ не малую пользу. Однимъ словомъ, мы построили большой спектрогеліографъ съ дисперсіей равной дисперсіи большаго спектрографа Роланда и большое зданіе спеціально для его помѣщенія. Зданіе состоитъ изъ большой комнаты въ 22×6 м²., причемъ его крыша, сдѣланная изъ камня и земли, обезпечиваетъ постоянство температуры внутри помѣщенія. Она получаетъ солнечный свѣтъ отъ поставленнаго на Югѣ

целостата, который составленъ изъ старыхъ приборовъ, служившихъ для изученія прохожденія Венеры, и стараго объектива съ отверстіемъ въ 0,25 м. и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 4 м. Эти части, сами по себѣ не особенно высокаго качества, были примѣнены по необходимости ради уменьшенія расходовъ. За то самый спектрогеліографъ новаго типа представляетъ нѣсколько интересныхъ особенностей. Онъ довольно сложенъ, по крайней мѣрѣ на чертежѣ, такъ какъ заключаетъ въ сущности четыре отдѣльныхъ спектрогеліографа, собранныхъ вокругъ одного и того-же коллиматора. Первый изъ нихъ о трехъ призмахъ и двухъ щеляхъ, съ камерой въ 3 м. и солнечнымъ изображеніемъ въ 85 мм.; второй—съ рѣшеткой и двумя щелями и камерой той-же длины; третій—вполнѣ отличенъ отъ предъидущихъ; наконецъ, четвертый - самый могущественный, съ тремя щелями и призмами или рѣшеткой. Онъ заключаетъ первый спектографъ съ камерой въ 7 м., подобный классическому прибору Роланда, что позволяетъ выдѣлять весьма тонкія линіи. Но для полученія солнечнаго изображенія требовалась бы слишкомъ длинная экспозиція, поэтому мы его получали при помощи второго спектрографа, который уменьшалъ экспозицію до желаемой степени и исключалъ внутренній разсѣянный свѣтъ. Окончательное изображеніе солнца можетъ имѣть любой діаметръ и благодаря нѣкоторымъ спеціальнымъ приспособленіямъ, оно получалось цѣликомъ, чего нельзя было достигнуть посредствомъ другихъ спектрогеліографовъ съ большой дисперсіей. Самые употребительные діаметры были въ 6 см. и 4 см.

Весь приборъ со своими двумя спектрографами имѣетъ 14 м. въ длину и остается неподвижнымъ. Это даже первый спектрогеліографъ всѣ части котораго, за исключеніемъ чувствительной пластинки, неподвижны. Единственныя движущіяся части — это чувствительная пластинка и астрономическій объективъ, которые приводятся въ движеніе съ желаемою скоростью при помощи синхронныхъ электрическихъ двигителей и спеціальныхъ трансформаторовъ скорости.

Соотвѣтствіе движеній обезпечено при помощи электрическихъ приспобленій, а расположеніе всѣхъ частей таково, что представляетъ общее рѣшеніе спектрогеліографа. Каж-

дый изъ четырехъ спектрогеліографовъ имѣетъ свои особенныя преимущества, и переходъ отъ одного къ другому можно осуществить въ нѣсколько минутъ. Такимъ образомъ наблюдатель располагаетъ самыми разнообразными средствами для своихъ изслѣдованій. Въ общемъ, 3-хъ метровые спектрогеліографы съ двумя щелями даютъ большее или болѣе подробное изображеніе. Большой приборъ въ 14 м. съ тремя щелями даетъ при болѣе долгой экспозиціи меньшее изображеніе, но за то болѣе отчетливое, и позволяетъ выдѣлять самыя тонкія линіи.

Изслѣдованія съ этимъ приборомъ я велъ совмѣстно съ молодымъ астрономомъ Медонской обсерваторіи, Г. д'Азамбюжа, имя котораго связано съ моимъ.

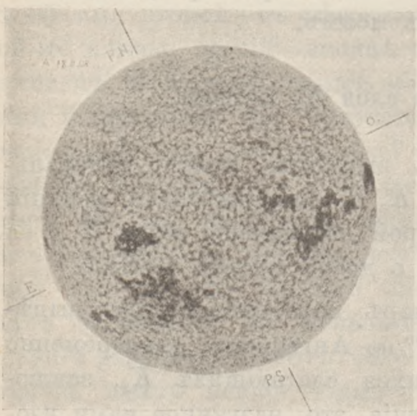
Открытіе верхняго слоя K_3 кальція.

Въ 1908 г. намъ удалось выдѣлить малую центральную черную линію кальція K_3 и слѣдовательно верхній слой пара. Фиг. 1-я, на которой обозначены линія K и ея слагающія, позволяетъ судить о достигнутомъ успѣхѣ.

Примѣняемые до сихъ поръ спектрогеліографы выдѣляли при помощи щели въ $^{90}/_{100}$ Ангстрема одновременно совокупность обѣихъ свѣтящихся слагающихъ K_3, заключающихъ линію K_3. Изображеніе это, названное нами изображеніемъ K_{23}, представляло смѣсь слоевъ K_2 и K_3 съ преобладаніемъ значительно болѣе блестящаго слоя K_2; верхній слой K_3 былъ маскированъ. Посредствомъ-же большого спектрогеліографа мы могли легко выдѣлить со щелями въ $^{3}/_{100}$ Ангстрема либо линію K_2, либо одну изъ слагающихъ K_3, и получить такимъ образомъ отчетливыя и свободныя отъ посторонняго свѣта изображенія каждаго отдѣльнаго слоя. Соотвѣтственныя щели обозначены на фиг. 1-й пунктиромъ.

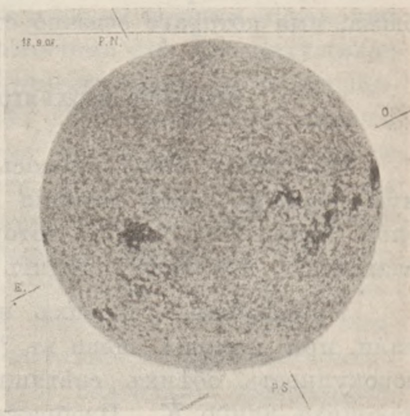
Кальціевые пары, которые на внѣшнемъ краю подымаются выше другихъ, образуютъ такимъ образомъ въ солнечной атмосферѣ три отдѣльныхъ слоя. Если прибавить къ этому поверхность солнца, то получимъ четыре слоя, которые интересно сравнить между собою.

По мѣрѣ того, какъ, начиная съ поверхности, мы подымаемся вверхъ, факелы, или блестящіе участки этой поверхности, постепенно увеличиваютъ какъ свою относительную яркость, такъ и размѣры. Среднія флокулы также увеличиваются, между тѣмъ какъ малыя исчезаютъ или становятся едва замѣтными. Вслѣдствіе этого слой K_3 пріобрѣтаетъ спеціальный видъ, который сразу позволяетъ его отличить отъ слоя K_2 (см. оба снимка K_2 и K_3, отъ 18 сентября 1908 г. фиг. 3 и 4). Считаю не лишнимъ прибавить, что спеціальная сѣть флокулъ, названная мною въ 1894 г. хромосферическою сѣтью и образованная часто на боль-



Фиг. 3.

Верхній слой K_3 кальція.



Фиг. 4.

Средній слой K_2 кальція.

Снимки 18 сентября 1908 г.

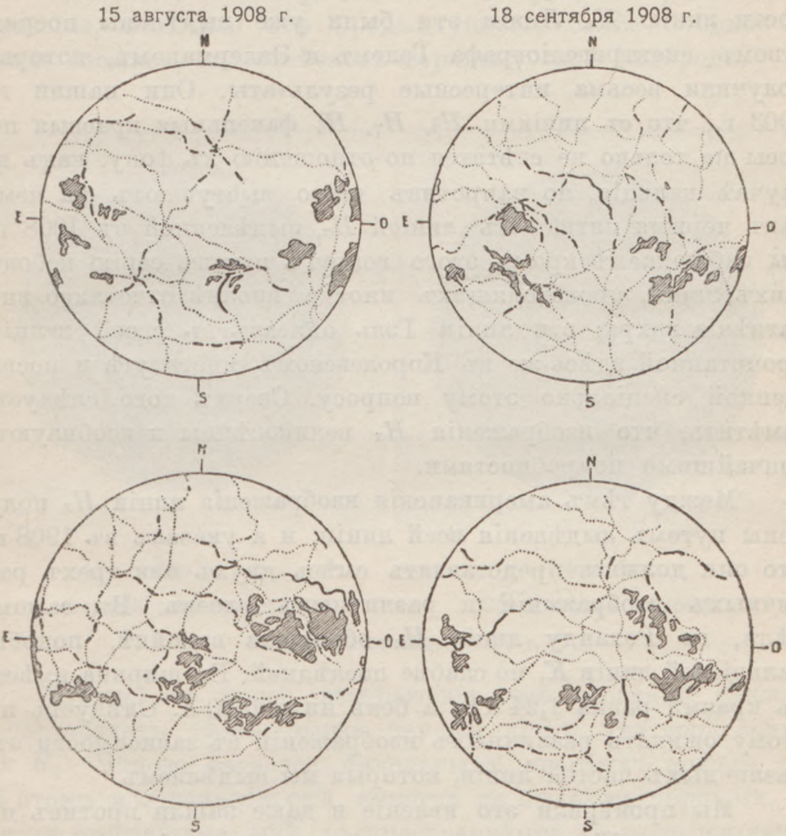
шомъ протяженіи изъ многоугольниковъ, соприкасающихся своими сторонами и углами, въ общемъ выступаетъ болѣе отчетливо въ верхнемъ слоѣ.

Съ другой стороны, черныя пятна, составляющія самую важную характеристику поверхности, по мѣрѣ восхожденія постепенно уменьшаются и даже исчезаютъ.

За то появляются черныя линіи, невидимыя въ нижнихъ слояхъ, иногда весьма длинныя, которыя я назвалъ волокнами. Въ общемъ такое волокно продолжается съ обѣихъ сторонъ подобными же менѣе черными и менѣе отчетли-

выми линіями, называемыми развѣтвленіями (фиг. 5). Совокупность волоконъ и развѣтвленій образуетъ настоящую сѣть на солнечномъ дискѣ. Волокна и развѣтвленія представляютъ новое явленіе, характерное для верхнихъ слоевъ.

Волокно имѣетъ то-же значеніе, что и пятно поверхности; оно, подобно пятну, сохраняется въ теченіе нѣсколькихъ оборотовъ, служитъ центромъ спеціальвыхъ возмущеній и сопровождается протуберанцами.



Фиг. 5.

Сѣть развѣтвленій въ верхнемъ слоѣ солнечной атмосферы. Сплошныя черныя линіи отвѣчаютъ весьма отчетливымъ и непрерывнымъ чернымъ нитямъ; прерывистыя линіи такимъ-же нитямъ, но менѣе отчетливымъ; пунктиромъ обозначены слабо замѣтныя и весьма часто несплошныя нити. Заштрихованныя части обозначаютъ самые блестящіе и широкіе факельные участки.

Въ моемъ первомъ изслѣдованіи я сравнилъ пятна съ депрессіями или циклонами нашей атмосферы, а волокна съ антициклонами; немного ниже я разовью эту аналогію подробнѣе.

Открытіе верхняго слоя водорода.

Въ 1909 г. мы изслѣдовали вмѣстѣ съ д'Азамбюжа при помощи тѣхъ-же приборовъ водородныя линіи и въ особенности линію $H\alpha$. Линіи эти были уже выдѣлены посредствомъ спектрогеліографа Гэлемъ и Эллерманомъ, которые получили весьма интересные результаты. Они нашли въ 1903 г., что съ линіями $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$ факельныя краевыя полосы не только не свѣтятся по отношенію къ фону, какъ въ случаѣ кальція, но напротивъ часто выступаютъ на немъ какъ черныя пятна. Съ линіей $H\alpha$, выдѣленной въ 1908 г., мы наблюдаемъ кромѣ этого вокругъ пятенъ серію небольшихъ линій, производящихъ иногда вполнѣ отчетливо впечатлѣніе вихря; эти линіи Гэль описалъ въ своей лекціи, прочитанной здѣсь-же въ Королевскомъ институтѣ и посвященной спеціально этому вопросу. Сверхъ того слѣдуетъ замѣтить, что изображенія $H\alpha$ великолѣпны и изобилуютъ тончайшими подробностями.

Между тѣмъ американскія изображенія линіи $H\alpha$ получены путемъ выдѣленія всей линіи, и я указалъ въ 1908 г., что они должны представлять смѣсь двухъ или трехъ различныхъ изображеній и различныхъ слоевъ. Въ самомъ дѣлѣ, по Роланду линія $H\alpha$ обращена вдвойнѣ, подобно кальціевой линіи K, но слабѣе послѣдней. Ея ширина вмѣстѣ съ краями равна 1,24 A [1]), а безъ нихъ 0,90 A. Слѣдуетъ поэтому ожидать различныхъ изображеній въ зависимости отъ различныхъ частей линіи, которыя мы выдѣляемъ.

Мы провѣрили это явленіе и даже нашли противъ нашихъ ожиданій, что разницы между изображеніями водорода сравнительно больше, чѣмъ между изображеніями кальція.

Вотъ точные результаты:

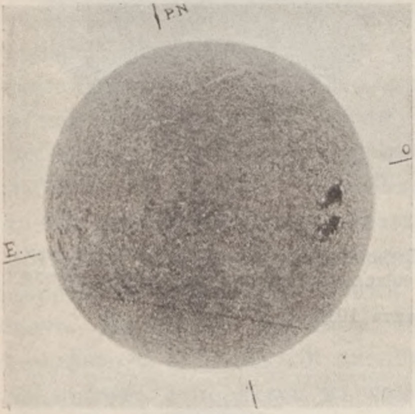
Если изолировать ту часть линіи $H\alpha$ у краевъ, которая соотвѣтствуетъ K_1 кальція, на разстояніи отъ 0,47 до 0,62 единицы

[1]) Единица Ангстрема равна 0,0000001 мм. = 0,1 $\mu\mu$.

Ангстрема отъ центра, то мы получаемъ результатъ 1903 г., т. е. черныя факельныя краевыя полосы относительно фона.

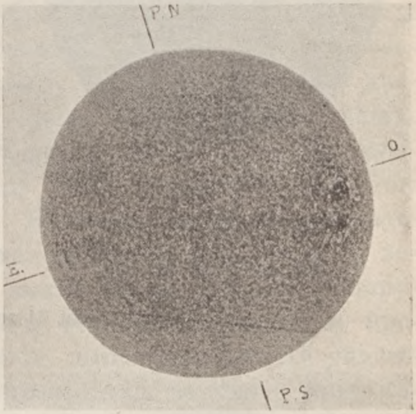
Съ серединою каждой половины, на разстояніи отъ 0,10 до 0,42 Ангстрема отъ центра, картина измѣняется; она представляетъ главныя черты американскихъ изображеній 1908 г. и въ особенности группировки мелкихъ линій, образующихъ то, что Гэль назвалъ солнечными вихрями.

Наконецъ, съ центромъ линіи получаемъ третье изображеніе, отличное отъ предъидущихъ, болѣе блѣдное и менѣе сложное; оно отвѣчаетъ верхнему слою водорода.



Фиг. 6.

Верхній слой водорода.



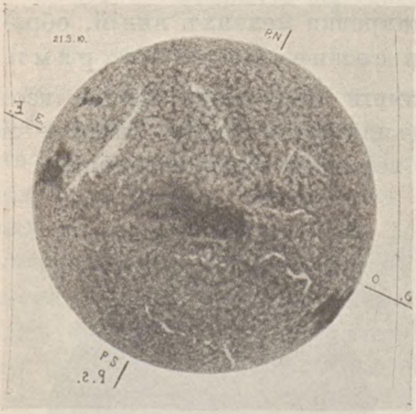
Фиг. 7.

Средній слой водорода.

Снимки 22 сентября 1909 г.

Итакъ, это новое изображеніе, что особенно важно, представляетъ тѣ-же самыя черныя линіи, что слой кальція K_3. Что-же касается факельныхъ краевыхъ полосъ, то на этомъ изображеніи онѣ никогда не бываютъ черными, а всегда блестящими; онѣ распространяются не такъ широко, какъ въ случаѣ кальція K_3, но отвѣчаютъ максимумамъ свѣта факельныхъ краевыхъ полосъ поверхностей слоя K_3, вполнѣ отличнымъ отъ максимумовъ K_1 и K_2. Наиболѣе темныя и наболѣе свѣтлыя части у нихъ однѣ и тѣ-же. (См. сопряженныя изображенія K_3 и $H\alpha$, полученныя 22 сентября 1909 г., 21 марта и 11 апрѣля 1910 г. фиг. 6—11).

Дальше мы выдѣлили тоже различныя части синей линіи водорода H_β, подымающейся въ атмосферѣ солнца ниже линіи H_α, и получили изображенія съ черными факельными краевыми полосами, вполнѣ аналогичныя изображеніямъ



Фиг. 8.

Верхній слой кальція.

Фиг. 9,

Смѣсь верхняго слоя водорода съ незначительною частью его средняго слоя.

Снимки 21 марта 1910 г.

Фиг. 10.

Верхній слой кальція.

Фиг. 11.

Смѣсь верхняго слоя водорода съ незначительною частью его средняго слоя.

Снимки 11 апрѣля 1910 г.

краевъ красной линіи $H\alpha$, и слѣдовательно отвѣчающія нижнему слою.

Такимъ образомъ, мы окончательно пришли къ заключенію, что водородъ, какъ и кальцій, представляетъ по крайней мѣрѣ три различныхъ слоя, которые мы впервые отдѣлили другъ отъ друга.

Между тѣмъ я объяснилъ различіе разныхъ частей одной и той-же линіи и разныхъ изображеній обыкновеннымъ взаимодѣйствіемъ между эмиссіей и абсорбціей въ газахъ, допустивъ, какъ это вполнѣ естественно, что плотность газа и ширина линіи уменьшаются по мѣрѣ восхожденія въ атмосферу. Но мнѣ возразили, что аномальная дисперсія могла играть въ этомъ явленіи извѣстную роль и вызвать, по крайней мѣрѣ отчасти, вышеприведенныя особенности изображеній. По моему мнѣнію, аномальная дисперсія должна, безъ сомнѣнія, отзываться на этомъ явленіи, но весьма слабо, и въ первомъ изслѣдованіи ею можно пренебречь. Серьезное обоснованіе этого положенія заняло-бы здѣсь слишкомъ много мѣста. Впрочемъ, если въ лабораторіи была установлена аномальная дисперсія для линіи $H\alpha$ водорода, то для кальціевыхъ линій ея не удалось обнаружить. Наконецъ, въ виду того, что центръ линіи не претерпѣваетъ аномальной дисперсіи, вышеприведенный упрекъ не можетъ относиться къ изображеніямъ верхняго слоя, которыя насъ особенно интересуютъ.

Черныя нити, которыя одинаково получаются, какъ съ кальціемъ, такъ и съ водородомъ, представляютъ характерный элементъ верхнихъ слоевъ. Нѣкоторыя изъ нихъ были уже замѣчены Гэлемъ въ первыхъ сложныхъ изображеніяхъ линій K и $H\alpha$, и онъ упоминаетъ о нихъ подъ названіемъ длинныхъ флокулъ и приписываетъ ихъ происхожденіе верхнимъ слоямъ. И въ самомъ дѣлѣ, въ условіяхъ его наблюденій мы получаемъ важнѣйшія нити, черная линія которыхъ весьма широка. Но къ полному изученію нитей и ихъ свойствъ можно приступить только въ томъ случаѣ, когда мы обладаемъ отчетливыми и ясными изображеніями самихъ верхнихъ слоевъ.

Другой важный элементъ этихъ слоевъ — это свѣтящіяся факельныя краевыя полосы, которыя находятся на

той-же точкѣ, что и на поверхности солнца, но разнятся формою.

Въ результатѣ, послѣ разсмотрѣнія четырехъ слоевъ, образованныхъ поверхностью и атмосферою солнца, мы приходимъ къ заключенію, что самыя яркія части расположены надъ факелами. Но за то наиболѣе черныя части расположены совсѣмъ иначе на поверхности, чѣмъ въ верхнемъ слоѣ. Внизу—это пятна, а вверху—нити, черная поверхность которыхъ въ суммѣ превышаетъ поверхность пятенъ. Слѣдовало-бы измѣрять поверхность нитей съ тою-же точностью, что и поверхность пятенъ.

Изслѣдованія движеній атмосферы. Спектро-регистраторъ скоростей.

Главное наше вниманіе привлекаютъ черныя нити, значеніе которыхъ, какъ было сказано выше, во всякомъ случаѣ не меньше, чѣмъ значеніе пятенъ. Каково-же начало и какова природа этихъ длинныхъ черныхъ линій? Точный отвѣтъ на этотъ вопросъ весьма труденъ; достаточно припомнить, что мы не знаемъ еще почти ничего положительнаго относительно пятенъ, которыя изучались уже 300 лѣтъ. Между тѣмъ нити легче поддаются изслѣдованію. Поверхность, несущая пятно, заключена между ускользающей отъ насъ внутренностью солнца и нижними сложными слоями атмосферы; но верхній слой, съ которымъ связаны нити, болѣе свободенъ и открытъ и можетъ обладать болѣе простымъ строеніемъ и болѣе простыми движеніями.

И въ самомъ дѣлѣ, мы получили въ послѣднее время въ Медонской обсерваторіи, благодаря примѣненію впервые нами построеннаго спектро-регистратора скоростей, нѣсколько замѣчательныхъ результатовъ относительно нитей. Приборъ, которымъ я пользуюсь съ 1892 г., былъ значительно усовершенствованъ въ 1907 г. Онъ открываетъ, какъ указываетъ его названіе, радіальныя движенія солнечныхъ паровъ, сопоставляя на солнечномъ дискѣ малые спектры послѣдовательныхъ, одинаково отстоящихъ другъ отъ друга разрѣзовъ, при помощи второй широкой щели и автоматическихъ прерывныхъ движеній. Этотъ регистраторъ

составляетъ необходимое и въ высшей степени полезное дополненіе къ спектрогеліографу. Онъ обнаруживаетъ, кромѣ радіальныхъ скоростей, общія формы паровъ, детали всей линіи и въ особенности ширину изолированной линіи, которая сильно мѣняется отъ одного мѣста свѣтила къ другому. Онъ открываетъ какъ разъ тѣ особенности, къ которымъ спектрогеліографъ непримѣнимъ; вѣдь послѣдній не можетъ посредствомъ щели постоянной ширины точно изолировать линію, ширина которой перемѣнна. Однимъ словомъ этотъ регистраторъ записываетъ всѣ элементы, ускользающія отъ спектрогеліографа, и позволяетъ такимъ образомъ правильно толковать результаты послѣдняго.

На снимкахъ, полученныхъ при помощи линіи *K*, первое бѣглое наблюденіе сразу намъ показываетъ, что радіальныя движенія гораздо значительнѣе на самой нити, чѣмъ въ сосѣднихъ съ нею точкахъ; иногда даже всѣ линіи K_3 нити наклонены въ одномъ и томъ-же направленіи, что указываетъ на вихрь съ горизонтальною осью; послѣдній можетъ быть противупоставленъ вихрю съ вертикальною осью, допускаемому въ солнечныхъ пятнахъ. Но за этимъ возбужденіемъ слѣдуетъ, какъ и для пятна, сравнительный покой. Если мы тщательно измѣримъ перемѣщенія и радіальную скорость K_3 тогда, когда пары находятся въ центрѣ солнца, то найдемъ, что паръ подымается и часто со скоростью, превосходящей экваторіальную скорость вращенія (приблизительно 2 километра въ секунду). Явленіе это было провѣрено на нѣсколькихъ нитяхъ. Если отвлечься отъ пятенъ и нитей, то вертикальныя скорости въ верхнемъ слоѣ весьма значительны и часто того-же порядка, что экваторіальная скорость вращенія. Громадная скорость вертикальнаго движенія станетъ намъ болѣе понятной, если мы примемъ въ соображеніе, что вся масса газа, образующаго атмосферу, покоится на могущественномъ очагѣ теплоты.

Аналогичныя измѣренія были тщательно произведены въ центрѣ солнца надъ факелами и флокулами, но съ обратнымъ результатомъ. Пары обладаютъ въ нихъ нисходящимъ движеніемъ, а лежащія вокругъ нихъ сравнительно черныя части подымаются вверхъ. Въ общемъ въ свѣтящихся точкахъ изображенія K_3 верхняго слоя пары опускаются; они

подымаются въ мѣстахъ, гдѣ изображеніе сравнительно темное, что можно считать вполнѣ естественнымъ, такъ какъ опускающійся паръ сжимается и нагрѣвается, а восходящій паръ расширяется и охлаждается.

Это свойство, установленное уже на большомъ количествѣ снимковъ, весьма важно, такъ какъ оно объясняетъ особенности строенія атмосферныхъ слоевъ солнца, которые, повидимому, раздѣлены на взаимно прилегающія конвекціонныя теченія подобно тому, какъ это имѣетъ мѣсто въ нашихъ лабораторіяхъ, въ случаѣ равномѣрно нагрѣваемыхъ снизу жидкостей.

Свѣтящіяся флокулы образуютъ часто на большомъ пространствѣ весьма отчетливо прилегающіе вершинами многоугольники, которые похожи на многоугольники, образующіе вихревые клѣтки жидкостей и такъ хорошо изученные во Франціи Беснаромъ [1]). Въ виду того, что пары опускаются на свѣтящихся флокулахъ и подымаются въ промежуткахъ между ними, каждый солнечный многоугольникъ образуетъ вихревую клѣтку. Что-же касается другихъ флокулъ того-же солнца, то онѣ представляютъ или менѣе отчетливые многоугольники, или неполные многоугольники, или, что бываетъ рѣже, совсѣмъ неправильныя формы.

Съ другой стороны, нити и развѣтвленія образуютъ вѣроятно границу бóльшихъ клѣточныхъ вихрей, расположенныхъ въ верхнемъ слоѣ надъ предъидущими, и въ центрѣ которыхъ находятся пятна. Такое расположеніе соотвѣтствуетъ движеніямъ этого слоя вблизи пятенъ, изученнымъ англійскимъ астрономомъ Эвершедомъ. Съ этой точки зрѣнія нетрудно объяснить, почему пятна выступаютъ, какъ точки, а нити, какъ линіи, иногда весьма длинныя. Благодаря этимъ изслѣдованіямъ, вопросъ начинаетъ уже выясняться, —и будетъ, повидимому, вполнѣ выясненъ на основаніи систематическихъ и непрерывныхъ измѣреній радіаль-

---

[1]) Это строеніе, состоящее изъ системы прилегающихъ многоугольниковъ, выступаетъ часто весьма отчетливо на всемъ солнцѣ. Снимокъ K_3 18 сентября 1908 г., въ Южномъ полушаріи, близко къ центру, представляетъ нѣсколько такихъ многоугольниковъ, соединенныхъ своими сторонами и вершинами; но для того. чтобы ихъ ясно видѣть, требуется большее и болѣе отчетливое изображеніе.

ныхъ скоростей, распространенныхъ на весь солнечный дискъ. Къ сожалѣнію эти измѣренія очень продолжительны и кропотливы.

Открытіе полярныхъ нитей.

Я закончу свой докладъ описаніемъ одного новаго свойства нитей, недавно открытаго въ Медонѣ. Наша обсерваторія обладаетъ уже снимками верхняго слоя больше, чѣмъ за 20 полныхъ оборотовъ свѣтила, что даетъ возможность приступить къ изученію распредѣленія нитей. Онѣ появляются на всѣхъ широтахъ, но на полюсахъ онѣ въ общемъ расположены по кривой болѣе или менѣе кругообразной, окружающей полюсъ и часто не совпадающей съ паралелью. Эта полярная кривая нитей выступаетъ иногда отчетливо на обоихъ полюсахъ; но въ общемъ она бываетъ отчетливой только на одномъ полюсѣ и перемѣщается отъ одного полюса къ другому. Кривая эта выступила особенно ясно и отчетливо на южномъ полюсѣ въ апрѣля 1910 г. (см. оба изображенія 11 апрѣля 1910 г. и фиг. 12-ю, представляющую нити за четыре различныхъ дня).

Эти полярныя нити сопровождаются протуберанцами и согласованы со вторичными максимумами протуберанцовъ, которые были уже замѣчены на полюсахъ. Онѣ могутъ тоже находиться въ извѣстномъ отношеніи съ особою формою солнечной короны въ моментъ минимума и съ наклоненіемъ оси короны по отношенію къ обыкновенной оси вращенія, наблюдаемымъ довольно часто.

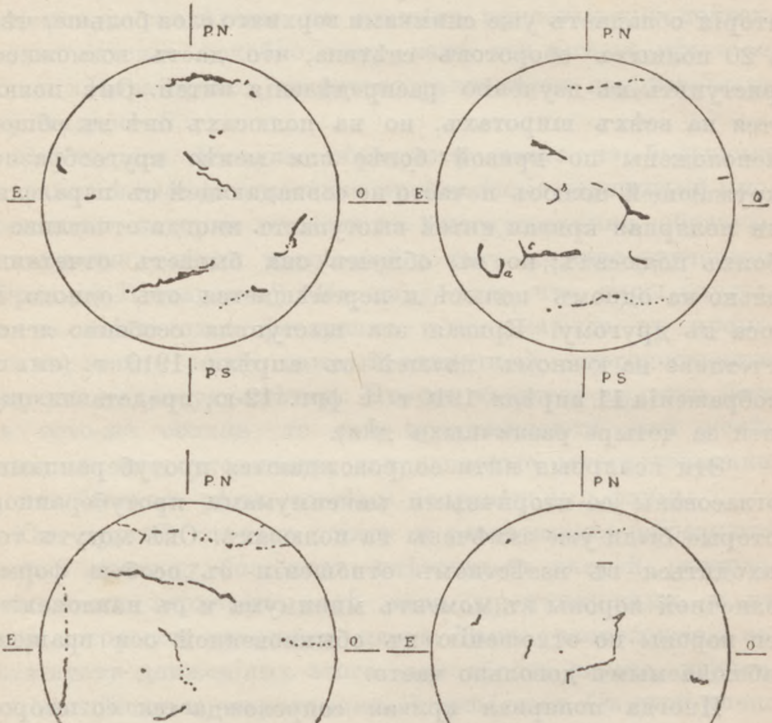
Иногда полярная кривая сопровождается со стороны экватора линіей паралельныхъ нитей, соединенною съ кривою наклонными нитями, или развѣтвленіями. Такимъ образомъ мы имѣемъ здѣсь расположеніе аналогичное расположеніе полосъ планеты Юпитера.

Наконецъ, полярная зона нитей, гдѣ пары, какъ было указано выше, обладаютъ восходящимъ движеніемъ, можетъ приближаться къ зонѣ пятенъ и факеловъ, близкой къ экватору, и гдѣ пары, напротивъ, находятся въ нисходящемъ движеніи. Такимъ образомъ мы должны предположить въ верхнемъ слоѣ существованіе сильнаго кругового теченія по меридіану, сильнаго конвекціоннаго тока, аналогичнаго тому,

который существуетъ на землѣ на обоихъ полушаріяхъ между 35° широты и полюсомъ.

Недостатокъ времени не позволяетъ намъ, къ сожалѣнію, развить всѣ слѣдствія этихъ первыхъ наблюденій. Но изложенныхъ фактовъ достаточно, чтобы убѣдиться, что

20 мая 1909 г. — 15 іюня 1909 г.



27 ноября 1909 г. — 11 апрѣля 1910 г.

Фиг. 12.

Изображенія верхняго слоя солнечной атмосферы, показывающія характерныя черныя нити и въ особенности полярныя нити. Источникомъ для этихъ изображеній, воспроизведенныхъ совмѣстно съ д'Азамбужа, послужили монохроматическіе снимки солнца, полученные при помощи центральной части линій H_α водорода или К кальція. На нихъ указаны только черныя нити безъ развѣтленій. Свѣтящіяся области надъ факелами на нихъ не воспроизведены.

изслѣдованія верхней части солнечной атмосферы представляютъ большой интересъ и вполнѣ заслуживаютъ того, чтобы ихъ продолжать.

Солнечная атмосфера представляетъ единственную изъ всѣхъ атмосферъ, которую мы можемъ наблюдать, какъ въ цѣломъ ея составѣ, такъ и въ чередованіи ея послѣдовательныхъ слоевъ. Наши регистрирующіе приборы воспроизводятъ въ нѣсколько минутъ ея общій видъ и ея главныя движенія; съ этой точки зрѣнія она намъ лучше извѣстна, чѣмъ земная атмосфера, которую даже при помощи телеграфа мы наблюдаемъ только въ ея нижнихъ частяхъ и на ограниченномъ пространствѣ.

Сѣть конвекціонныхъ теченій и интересныя нити, открытыя въ верхнихъ слояхъ солнечной атмосферы, могутъ, пожалуй, быть обнаружены и на землѣ, и такимъ образомъ изслѣдованіе солнца можетъ намъ облегчить изученіе нашей собственной атмосферы.

Преподаваніе физики въ французскихъ средне-учебныхъ заведеніяхъ на Международной выставкѣ 1910 г., въ Брюсселѣ.

Г. Дельвалеза.

Мнѣ приходилось уже отмѣчать на страницахъ „Физическаго Обозрѣнія“ важность реформы, произведенной въ 1902 г. въ постановкѣ средняго преподаванія экспериментальныхъ наукъ. Въ то время какъ по прежней системѣ преподаватель обыкновенно только разсказывалъ своимъ слушателямъ объ опытахъ по данному вопросу и излагалъ его современное состояніе, теперь онъ долженъ самъ производить физическіе опыты, выясняющіе изучаемое явленіе при соучастіи слушателей, которые затѣмъ производятъ по выработанной учителемъ программѣ рядъ качественныхъ и количественныхъ измѣреній съ простыми приборами въ назначенные для этой цѣли 2 часа въ недѣлю въ теченіе трехъ лѣтъ.

Превосходные результаты, достигнутые этой реформой, уже блестяще обнаружились. На Брюссельской выставкѣ въ 1910 г. была собрана коллекція приборовъ, по большей части оригинальныхъ, изготовленныхъ въ лабораторіяхъ французскихъ средне-учебныхъ заведеній. Приборы выполнены настолько тщательно и сами по себѣ настолько интересны, что заслуживаютъ ближайшаго разсмотрѣнія. Образовать подобную выставку десять лѣтъ тому назадъ было-бы безусловно невозможно.

Чтобы вызвать соревнованіе, объединить усилія и выбрать подходящіе приборы, министръ народнаго просвѣщенія еще въ октябрѣ 1909 года поручилъ Шассаньи, въ то время инспектору Парижской Академіи, а позже Главному

инспектору средняго образованія, собрать свѣдѣнія обо всемъ, что могло-бы быть выставлено, и выбрать наиболѣе подходящіе предметы. Въ то-же время бюро Союза физиковъ, объединяющаго въ себѣ свыше 400 преподавателей среднихъ учебныхъ заведеній, обратилось съ воззваніемъ къ своимъ сочленамъ, прося всѣхъ принять посильное участіе. Воззваніе имѣло успѣхъ, и Шассаньи получилъ много предложеній для заполненія площади, отведенной ему подъ выставку приборовъ.

Къ пасхѣ 1910 года всѣ означенные приборы были собраны въ Педагогическомъ музеѣ въ Парижскомъ Союзѣ физиковъ, организовавшемъ очередную выставку ихъ по случаю пасхальнаго общаго собранія, а затѣмъ они были отправлены въ Брюссель. Ко времени оффиціальнаго открытія выставки устроенный Союзомъ физиковъ отдѣлъ былъ почти готовъ. За время выставки Шассаньи сдѣлалъ нѣсколько сообщеній по поводу выставленныхъ приборовъ. Интересъ къ приборамъ со стороны компетентныхъ посѣтителей былъ очень значительный, и Международное жюри удѣлило имъ высшую награду.

Перехожу къ краткому обзору этой выставки. Читатели, помнящіе предыдущія мои статьи въ „Физическомъ Обозрѣніи“ о постановкѣ преподаванія физики во французскихъ среднихъ учебныхъ заведеніяхъ, встрѣтятъ здѣсь нѣкоторые приборы, описанные мною раньше.

1. Механика. Тяжесть.

Динамометръ со стальной пластинкой. (Лицей въ Лиллѣ).

Подвижная стрѣлка смѣщается вдоль снабженнаго дѣленіями зеркала, такъ что смѣщеніе точно измѣряется при помощи автоколлимаціи.

Крутильное колесо. (Лицей Жансона, въ Парижѣ).

Замедленное паденіе тѣла въ воздухѣ. (Лицей Кондорсэ, въ Парижѣ).

Описанный мной уже[1]) приборъ изготовляется изъ тонкой и прочной бумаги, или еще лучше — изъ алю-

---

[1]) См. „Физическое Обозрѣніе“. Т. 11, 1910, стр. 268.

миніевой бумаги, соединяющей въ себѣ эти свойства. Зная вѣсъ и предѣльную скорость паденія, опредѣляемъ коэффиціентъ K формулы; сопротивленіе $= KSV^2$.

Приборъ Лебура для изученія свободнаго паденія. (Лицей въ Марсели).

Падающимъ тѣломъ служитъ камертонъ [1]), производящій 100 колебаній въ секунду. Его колебательное движеніе начинается въ моментъ начала паданія, когда при помощи рычага L поднимемъ пуговку B. Прикрѣпленное къ камертону остріе записываетъ графику движенія на закопченномъ стеклѣ; изъ нея получаемъ законъ паденія.

Усовершенствованный аппаратъ генерала Морена. (Лицей въ Монтлюсонѣ).

Тѣло въ концѣ паденія попадаетъ на мощную цилиндрическую пружину, которая накопляетъ энергію падающаго тѣла, а затѣмъ подбрасываетъ его вверхъ. Кривыя, характеризующія различныя движенія (парабола, синусоида), записываются на цилиндрѣ, приводимомъ въ равномѣрное вращеніе электромоторомъ.

Машина Атвуда съ электрическими приспособленіями. (Лицей въ Клермонѣ).

Зачерненный цилиндръ съ горизонтальной осью укрѣпленъ на оси блока; черезъ послѣдній перекинута веревка, къ которой привязанъ движущій грузъ. На цилиндрѣ записываются колебанія стальной пластинки, снабженной остріемъ. Пластинка сперва притягивается электромагнитомъ; въ моментъ начала движенія токъ черезъ электромагнитъ прерывается, и пластинка начинаетъ колебаться.

Зависимость періода колебанія маятника отъ величины g. (Лицей Кондорсэ, въ Парижѣ).

Приборъ уже былъ описанъ. Маятникъ образованъ подвѣшеннымъ на нити стальнымъ шаромъ правильной формы, который катится по стеклянной поверхности. Маятникъ подвѣшивается вдоль наклонной плоскости съ измѣняемымъ по желанію наклономъ. Синусъ угла наклона указывается приборомъ.

Обратимый маятникъ типа Деффоржа. (Лицей въ Марсели).

[1]) См. „Физическое Обозрѣніе". Т. 10, 1909, стр. 37.

Другой обратимый маятникъ. (Коллежъ въ Шалонѣ на Марнѣ).

Двѣ длинныя одинаковыя стальныя иглы скрѣплены на концахъ другъ съ другомъ двумя одинаковыми зажимами. При этомъ центръ тяжести прибора долженъ находиться на неодинаковомъ разстоянiи отъ обоихъ зажимовъ. Приборъ можно заставить колебаться на ножѣ и добиться обратимости, смѣщая зажимы.

Изученiе колебательнаго движенiя. (Лицей въ Бордо).

Колесо велосипеда снабжается двумя равными грузами извѣстной массы, которые укрѣпляются на спицахъ. Обѣ массы находятся на одинаковомъ разстоянiи отъ центра. При этомъ можно либо смѣщать ихъ вдоль спицъ, измѣняя общее разстоянiе отъ центра, либо помѣщать ихъ на различныхъ спицахъ; каждый разъ измѣряется перiодъ колебанiя.

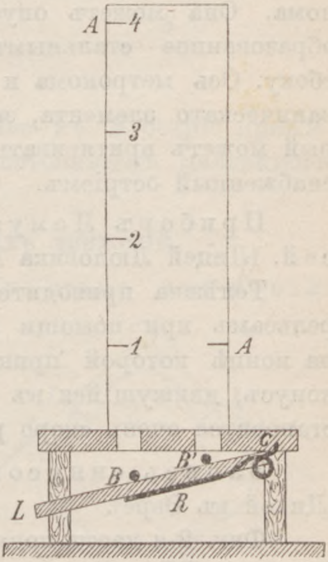
Изученiе колебательнаго движенiя, обусловленнаго деформацiей спиральной пружины. (Коллежъ Ролена, въ Парижѣ).

Перемѣщая грузъ извѣстной массы, измѣняемъ моментъ инерцiи тѣла, приводимаго въ движенiе спиральной пружиной. Отсюда можно вычислить также и моментъ крученiя пружины.

Бифилярный подвѣсъ для измѣренiя момента инерцiи. (Лицей св. Людовика, въ Парижѣ).

Пластинка съ шарами для демонстрацiи принципа живой силы. (Лицей въ Шамбери).

На горизонтальный рычагъ (фиг. 1), поддерживаемый мощной пружиной, положены два шарика въ углубленiя, отстоящiя отъ оси вращенiя на разстоянiяхъ, относящихся



Фиг. 1.

другъ къ другу какъ одинъ къ двумъ. Надъ рычагомъ расположена горизонтальная доска съ двумя дырками, соотвѣтствующими углубленіямъ. Нажимаемъ рычагъ и пускаемъ его. Поднявшись, онъ подбрасываетъ шарики вертикально вверхъ вдоль линейки, снабженной дѣленіями. Одинъ изъ шариковъ поднимается на 20 см., а другой на разстояніе въ 4 раза большее.

2. Графическія записи.

Хронофотографія свободнаго паденія. (Тулузскій лицей).

Дискъ, снабженный четырьмя равноотстоящими щелями, равномѣрно вращается передъ объективомъ фотографическаго аппарата. Снимается горизонтальная нить калильной лампы, прикрѣпленная къ падающему тѣлу.

Счетчикъ времени съ перемѣннымъ періодомъ для графическихъ записей. (Лицей въ Бордо).

Горизонтальная мѣдная проволока, загнутая на краю подъ прямымъ угломъ, прикрѣплена къ маятнику метронома. Она можетъ опускаться въ углубленіе со ртутью, образованное стальнымъ наперсткомъ, поддерживаемымъ сбоку. Ось метронома и наперстокъ вводятся въ цѣпь гальваническаго элемента, заключающую электромагнитъ, который можетъ притягивать стержень изъ пружиннаго желѣза, снабженный остріемъ.

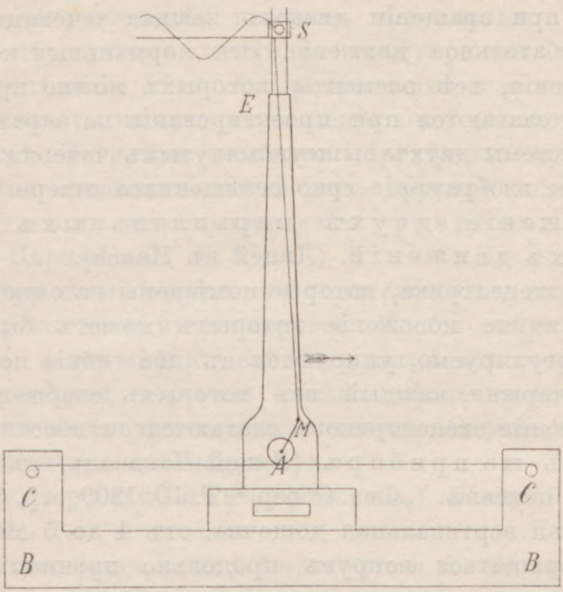
Приборъ Лемуана для графическихъ записей. (Лицей Людовика Великаго, въ Парижѣ).

Тележка приводится въ движеніе по горизонтальнымъ рельсамъ при помощи веревки, перекинутой черезъ блокъ, на концѣ которой прикрѣпленъ болѣе или менѣе тяжелый конусъ, движущійся въ сосудѣ съ водою. Движеніе тележки становится очень скоро равномѣрнымъ.

Запись синусоидъ на неподвижной доскѣ. (Лицей въ Эврё).

Фиг. 2-я даетъ понятіе о примѣняемомъ приспособленіи. Въ рамѣ *BB* сдѣлано углубленіе, вдоль котораго можетъ скользить подвижная часть *AES*. Черезъ *CC* натянута веревка, которая навертывается на блокъ *A*. *AM*—означаетъ

рукоятку, вращающуюся вмѣстѣ съ блокомъ и приводящую въ движеніе отмѣтчикъ S, при посредствѣ рычага MS. Отмѣтчикъ S движется вдоль двухъ металлическихъ стержней,



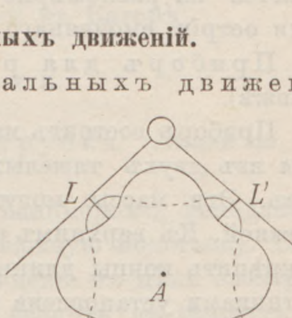
Фиг. 2.

пронизывающихъ его. Прикрѣпленное къ S остріе прижимается къ доскѣ съ нѣкоторымъ постояннымъ давленіемъ и чертитъ на ней синусоиду.

3. Сложеніе колебательныхъ движеній.

Сложеніе двухъ нормальныхъ движеній. (Лицей въ Клермонъ - Ферранѣ).

Два диска, края которыхъ вырѣзаны синусоидально, помѣщены на общей оси A (фиг. 3) и могутъ быть закрѣплены при помощи винтовъ въ любомъ положеніи другъ относительно друга. Слѣва и справа дисковъ, на высотѣ ихъ центровъ, закрѣплены концы рычаговъ L и L^1, на противуположныхъ



Фиг. 3.

краяхъ которыхъ находятся собирающія чечевицы, расположенныя надъ дисками. Изъ середины рычаговъ отходятъ два перпендикулярныхъ стержня, каждый изъ которыхъ упирается въ соотвѣтственный контуръ синосуидъ. Такимъ образомъ при вращеніи дисковъ каждая чечевица производитъ колебательное движеніе. Эти нормальныя колебательныя движенія, всѣ элементы которыхъ можно произвольно измѣнять, слагаются при проектированіи на экранѣ посредствомъ системы двухъ вышеупомянутыхъ чечевицъ и даютъ прекрасное изображеніе ярко освѣщеннаго отверстія.

Сложеніе двухъ параллельныхъ колебательныхъ движеній. (Лицей въ Нанси).

Два эксцентрика, которые помѣщены на одной и той-же оси и взаимное положеніе которыхъ можетъ быть произвольно регулируемо, упираются въ два гибкіе перпендикулярные стержня, каждый изъ которыхъ снабженъ чечевицей. Движенія эксцентриковъ слагаются оптически.

Тотъ-же приборъ. (Лицей Лаканаль, въ Со). Приборъ уже описанъ. („Физ. Обозр.". Т. 10. 1909, стр. 34).

Тонкая вертикальная дощечка, отъ 4 до 5 см. длиною, можетъ вращаться вокругъ продольно пронизывающей ее оси. Къ нижнему краю дощечки подвѣшено нѣсколько тяжелыхъ маятниковъ съ различными періодами качанія. Движеніе ея верхняго края будетъ, очевидно, результирующей отдѣльныхъ колебательныхъ движеній. Движеніе это записывается на равномѣрно развертывающейся лентѣ при помощи острія, смоченнаго чернилами.

Приборъ для резонанса. (Лицей Жансонъ, въ Парижѣ).

Приборъ состоитъ изъ двухъ маятниковъ, которые сдѣланы изъ двухъ тяжелыхъ и весьма неравныхъ желѣзныхъ массъ. Эти массы могутъ двигаться вдоль одинаковыхъ стержней. Къ верхнимъ краямъ стержней маятниковъ можно прикрѣпить концы длинной пружины. Когда между обоими маятниками установлена такимъ образомъ взаимная связь и болѣе тяжелый маятникъ приведенъ въ колебаніе, то можно осуществить различные случаи сложенія колебательныхъ движеній (біенія, резонансъ) въ зависимости отъ того, будутъ-ли періоды маятниковъ близки, или же равны.

4. Гидростатика.

Основное начало гидростатики. (Лицей Кондорсэ, въ Парижѣ).

Полый латунный цилиндръ, имѣющiй дно и соотвѣтственный нагруженный, плаваетъ вертикально въ водѣ. Внѣшняя образующая цилиндра градуирована съ самаго низу. Опредѣленiе вѣса, поверхности дна и высоты погруженiя позволяетъ вычислить давленiе воды на соотвѣтственной глубинѣ. Нагружая цилиндръ опредѣленными разновѣсками, можно продѣлать цѣлый рядъ другихъ опытовъ.

Сосудъ съ постояннымъ уровнемъ. (Лице Кондорсэ, въ Парижѣ).

Обыкновенный сосудъ снабженъ сифономъ, короткое колѣно котораго находится снаружи. Чтобы легко привести въ дѣйствiе этотъ сифонъ, слѣдуетъ наполнить сосудъ почти до верху, закрыть короткое колѣно сифона пальцемъ, вставить сифонъ въ сосудъ и отнять палецъ. Сифонъ начинаетъ дѣйствовать тогда автоматически.

Регулирующiйся уровень. (Лицей Жансонъ, въ Парижѣ).

Манометрическiй баллонъ и манометръ. (Лицей Лаканаль, въ Со).

5. Акустика.

Камертоны, трубы, сферическiе резонаторы, построенные учениками. (Лицей въ Кагорѣ).

6. Теплота.

Расширенiе латунной трубки. (Лицей св. Людовика, въ Парижѣ).

Трубка снабжена на концѣ пальмеромъ, неподвижная часть котораго опирается на неподвижную подставку. Винтъ и неподвижная часть пальмера введены въ цѣпь электрическаго звонка, который начинаетъ звонить въ моментъ ихъ контакта. Послѣ нагрѣванiя трубки струею пара считаютъ число оборотовъ винта пальмера, необходимое для того, чтобы возстановить прерванный контактъ.

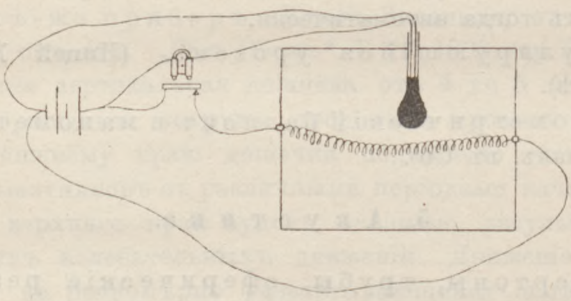
Другой приборъ. (Лицей Кондорсэ, въ Парижѣ).

Вслѣдствіе расширенія трубки вращается тонкая стрѣлка, упирающаяся однимъ своимъ концемъ въ пробку, насаженную на конецъ испытуемой трубки, а другимъ—въ другую пробку, которая укрѣплена на концѣ второй трубки, параллельной первой, и температура которой во все время опыта не измѣняется. Противуположные концы обѣихъ трубокъ закрѣплены неподвижно на общей подставкѣ. Кругъ, раздѣленный на градусы, позволяетъ сдѣлать отсчетъ угла вращенія стрѣлки, а искомое расширеніе вычисляется по величинѣ этого угла и по діаметру стрѣлки.

Приборъ для изслѣдованія паровъ. (Лицей въ Реймсѣ).

Электрическая сушилка съ постоянной температурой. (Лицей въ Безансонѣ).

Сушилка (фиг. 4) нагрѣвается спиралью, по которой проходитъ токъ. Въ нее вставленъ термометръ, ртутный



Фиг. 4.

столбикъ котораго при достиженіи желаемой температуры замыкаетъ отвѣтвленіе тока. Въ это отвѣтвленіе включенъ электромагнитъ, который размыкаетъ главный токъ.

Механическій эквивалентъ калоріи. (Лицей св. Людовика, въ Парижѣ).

Калориметръ установленъ на весьма подвижной вертикальной оси и находится подъ дѣйствіемъ градуированной внѣшней пружины, направленной по касательной. Треніе воды, приведенной въ движеніе вращеніемъ лопатокъ внутренняго вала, приводитъ во вращеніе калориметръ, который, будучи одновременно подверженъ противуположно

направленному дѣйствiю пружины, принимаетъ нѣкоторое положенiе равновѣсiя; зная это положенiе, а равно число оборотовъ вала и размѣры цилиндра, можно вычислить механическую работу, соотвѣтствующую развитой во время опыта теплоты.

7. Оптика.

Фотометръ. (Лицей Жансонъ, въ Парижѣ).

Каустика точки сквозь плоскую поверхность. (Лицей Людовика Великаго, въ Парижѣ).

Сосудъ съ квадратнымъ основанiемъ и съ вертикальными стѣнками изъ Сенъ-Гобеновскаго стекла заключаетъ свинцовую проволоку, положенiе которой отмѣчается. Когда сосудъ наполненъ водою, то при помощи двухъ внѣшнихъ проволокъ визируютъ эту свинцовую проволоку, и притомъ такъ, чтобы изображенiе внутренней свинцовой проволоки лежало въ заключающей ихъ вертикальной плоскости. Каждый разъ отмѣчаютъ пересѣченiе этой плоскости съ плоскостью основанiя сосуда и получаютъ такимъ образомъ совокупность всѣхъ отраженныхъ и падающихъ лучей, исходящихъ отъ горизонтальной проекцiи внутренней свинцовой проволоки.

Призмы для жидкостей съ перемѣнными углами. (Коллежъ въ Витрэ).

Маленькiе, рядомъ расположенные сосудики съ одинаковымъ основанiемъ содержатъ различныя жидкости. Они укрѣплены на общей подставкѣ, вслѣдствiе чего ихъ можно наклонять одновременно. Содержимыя въ нихъ жидкости образуютъ тогда призмы съ одинаковымъ преломляющимъ угломъ, который можно измѣрять и произвольно мѣнять.

Планшетка для изученiя рефракцiи. Гонiометръ. (Лицей Лаканаль, въ Со).

Показатель преломленiя. Гонiометрiя. Полное внутреннее отраженiе. (Тулузскiй лицей).

Оптическая скамейка. (Лицей Жансонъ и св. Людовика, въ Парижѣ).

Приборъ Корню для измѣренiя фокусныхъ разстоянiй. (Лицей Жансонъ, въ Парижѣ).

Автоколлиматоръ. (Лицей Жансонъ, въ Парижѣ).

Преобразованіе микроскопа въ микрометрическій визиръ. (Лицей въ Эврё).

Въ сопряженной плоскости по отношенію къ плоскости предмета за объективомъ помѣщаютъ въ легкой оправѣ нить, которая передвигается посредствомъ микрометрическаго винта, позволяющаго отсчитывать $^1/_{100}$ мм.

Простой диффракціонный опытъ. (Коллежъ въ С. Мишелѣ).

Берется сильно освѣщенная щель, вырѣзанная въ визитной карточкѣ. На разстояніи 5 мм. отъ ея середины иглою прокалывается отверстіе. Все это разсматривается сквозь сѣтку, напримѣръ, весьма тонкое сито, служащее для просѣиванія муки (10 нитей 1 мм.). Щель и отверстіе сопровождаются диффракціонными изображеніями. Послѣ этого сѣтку отодвигаютъ до тѣхъ поръ, пока первое изображеніе щели не достигнетъ сдѣланнаго иглою отверстія, и отмѣчаютъ разстояніе сѣтки d отъ щели. Отношеніе $\frac{0{,}5}{d}$ даетъ отклоненіе первой диффракціонной полосы для средней длины волны, или, если возможно различать спектры, для опредѣленной длины волны. Въ виду того, что величина элемента сѣтки извѣстна, изъ этого опыта можно вычислить длину волны.

Микроскопъ для наблюденія диффракціонныхъ полосъ въ тѣни иглы и зачерненныя пластинки, снабженныя щелями для наблюденія интерференціи и диффракціи. (Лицей Вольтера, въ Парижѣ).

8. Электричество.

Электрометръ съ электрическою направляющею парою. (Лицей въ Бордо).

Электроскопъ съ конденсаторомъ. (Лицей Лаканаль, въ Со).

Кулонметръ. (Лицей Жансонъ, въ Парижѣ).

Электрометръ, вѣсы и электростатическая машина съ вліяніемъ. (Лицей Лаканаль, въ Со).

Термометръ Рисса. (Лицей Жансонъ, въ Парижѣ).

Магнитометръ. (Лицей Жансонъ, въ Парижѣ).

Элекромагнитные вѣсы. (Тулузскій лицей).

Поле въ центрѣ кругового тока. (Тулузскій лицей).

Спектръ кругового тока. (Марсельскій лицей).

Измѣреніе напряженности намагничиванія и магнитной проницаемости. (Лицей въ Бордо).

Построеніе кривой намагничиванія и цикла гистерезиса. (Коллежъ Ролленъ, въ Парижѣ).

Балистическій гальванометръ обыкновенный. (Лицей Жансонъ, въ Парижѣ).

Балистическій гальванометръ съ электрохимическимъ калибрированіемъ. (Лицей въ Шанбэри).

Гальванометры различныхъ типовъ: апеpіодическій, Вейсса, Бурбуза, тангенсъ-гальванометръ, электродинамическіе вѣсы. (Лицей Жансонъ, Лаканаль и въ Бордо).

Термическій амперметръ. (Лицей въ Вандомѣ).

Ящикъ сопротивленій, Витстоновъ мостикъ. (Лицей Жансонъ, въ Парижѣ).

Измѣненіе сопротивленія съ температурою. (Лицей Жансонъ, въ Парижѣ).

Легко регулируемая дуговая лампа. (Лицей въ Роаннѣ).

Вольтаметръ. (Лицей Фенелонъ, въ Парижѣ).

Пріемникъ для трехфазныхъ токовъ. (Марсельскій лицей).

Приборъ для записыванія электрическихъ колебаній. (Реймскій лицей).

Листъ бумаги, движущійся съ весьма большою скоростью, замыкаетъ въ началѣ своего движенія колебательную цѣпь, искры которой проскакиваютъ сквозь бумагу, пробивая въ ней на соотвѣтственныхъ мѣстахъ отверстія (приборъ уже описанъ въ „Физ. Обозр.". Т. 11, 1910, стр. 276).

Кромѣ вышеприведенныхъ приборовъ, были выставлены тетради для записи практическихъ занятій съ протоколами, составленными самими воспитанниками, вслѣдствіе чего въ общемъ получалось ясное представленіе о современномъ состояніи преподаванія физическихъ наукъ въ французскихъ лицеяхъ и коллежахъ.

Парижъ.

Способъ непосредственнаго нагрѣванія въ ученіи о количествѣ теплоты.

Стемпневскаго.

Приведеніе учащихся къ ясному пониманію закона пропорціональности между количествомъ теплоты, потребной для нагрѣванія данной массы тѣла на данное число градусовъ, величиною массы и числомъ градусовъ нагрѣванія достигается весьма удобно при помощи непосредственнаго нагрѣванія пламенемъ лампы.

Для этой цѣли наиболѣе подходящей, по моимъ опытамъ, является небольшая латунная спиртовая лампа Sella. Предварительнымъ опытомъ слѣдуетъ установить коэффиціентъ полезнаго дѣйствія лампы, то есть число малыхъ калорій, передаваемыхъ нагрѣваемому тѣлу при сжиганіи опредѣленнаго количества (одного грамма) спирта-денатурата.

Вотъ какъ производится это опредѣленіе: установивъ подъемную регулирующую трубку такъ, чтобы обнажились два первые кольца отверстій въ объемлющемъ фитиль цилиндрѣ, заставляютъ пламя лампы черезъ мѣдную сѣтку нагрѣвать колбу вѣсомъ 26 граммовъ, заключающую 100 граммовъ воды, и наблюдаютъ черезъ каждую минуту повышеніе температуры.

Въ цѣломъ рядѣ опытовъ (5) начальная температура воды была 19 градусовъ и послѣ 7 минутъ 50 секундъ нагрѣванія она повышалась до 100 градусовъ. Причемъ ходъ нагрѣванія дается слѣдующею табличкою:

минуты:	0,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	7′50″
показанія термометра:	19^0,	38^0,	49^0,	60^0,	$70{,}5^0$,	81^0,	91^0,	100^0.

Такимъ образомъ температура повышалась каждую минуту въ среднемъ выводѣ на

$$\frac{9{,}5+9{,}5+11+11+10{,}5+10+\frac{6}{5}\cdot 9}{8}=10^0{,}35.$$

Средній расходъ спирта въ минуту составлялъ

$$\frac{8,7}{7\frac{5}{6}} = 1,11 \text{ граммовъ.}$$

Принимая теплоемкость стекла колбы 0,17, приведенный къ водѣ вѣсъ колбы равенъ

$$26 \times 0,17 = 4,42 \text{ малыхъ калорій.}$$

Полезное дѣйствіе лампы въ минуту равно:

$$\frac{104,42 \times 10,35}{1,11} = 973 \text{ малыхъ калорій.}$$

Другой рядъ опытовъ съ тою же лампою, но когда былъ обнаженъ до половины третій рядъ отверстій объемлющаго фитиль цилиндра, далъ:

минуты:	0,	1,75,	3,	4,	5,	6,	7,	7,25
показанія термометра:	15,5,	34,5,	46,75,	59,	71,5,	83,5,	96,	100.

Среднее повышеніе температуры равно:

$$\frac{10,85 + 10,85 + 12,25 + 12,25 + 12,25 + 12 + 12,25}{7} = 11^{0},9.$$

Расходъ спирта въ минуту $\frac{8,5}{7} = 1,21$ грамма.

Полезное дѣйствіе лампы:

$$\frac{104,42 \times 11,9}{1,21} = 1026,9 \text{ малыхъ калорій.}$$

Опредѣливъ полезное дѣйствіе лампы, можно весьма просто демострировать основные законы калориметріи:

I. Если вмѣсто 100 граммовъ воды налить въ нашу колбу лишь 50 граммовъ, то ходъ нагрѣванія будетъ слѣдующій:

минуты:	0-я,	1-я,	2-я,	3-я,	4-я,	4′10″
показанія термометра:	16 —	32 —	53 —	76 —	98 —	100;

то есть, время нагрѣванія сокращается вдвое, а повышеніе температуры въ минуту $\frac{16 + 21 + 23 + 22}{4} = 20^{0},5$, то есть вдвое больше; расходъ спирта 5 граммовъ, что соотвѣтствуетъ $\frac{5}{4,16} = 1,2$ граммовъ въ минуту, а коэффиціентъ

полезнаго дѣйствія $\frac{54,42 \cdot 20,5}{1,2} = 930$, то есть лишь немного меньше найденнаго выше.

II. Въ ту-же колбу влито вмѣсто воды 500 граммовъ ртути. Ходъ нагрѣванія былъ слѣдующій:

минуты:	0-я,	1-я,	2-я,	3-я,
показанія термометра:	15^0	42^0	$80^0,5$	115^0.

Среднее повышеніе температуры:

$$\frac{27 + 38,5 + 34,5}{3} = 33^0,33.$$

Расходъ спирта 2,5 грамма.

Принимая коэффиціентъ полезнаго дѣйствія 973, получимъ расходъ тепла $973 \cdot 2,5 = 2434,12$ малыхъ калорій, вычтя отсюда число малыхъ калорій на нагрѣваніе колбы $4,42 \times (115 - 5) = 442$ малыхъ калорій, получимъ расходъ спирта на нагрѣваніе 500 граммовъ ртути на 100 градусовъ 1992,12 малыхъ калорій, а отсюда теплоемкость ртути:

$$\frac{1992}{500.100} = 0,03984.$$

III. Но наиболѣе интересно примѣненіе этого способа для опредѣленія скрытой теплоты парообразованія.

100 граммовъ воды, нагрѣтой почти до кипѣнія въ той-же колбѣ, продолжаютъ нагрѣвать еще отъ 5 до 8 минутъ и опредѣляютъ съ одной стороны расходъ спирта, а съ другой—число граммовъ воды, перешедшей въ паръ. Вотъ результаты:

Первый опытъ. Начальная температура воды 89^0, убыль въ вѣсѣ колбы 12,5 граммовъ, продолжительность нагрѣванія 8 минутъ; расходъ спирта 8 граммовъ. Общій расходъ теплоты $8 \times 973 = 7784$ малыхъ калорій.

Расходъ на нагрѣваніе колбы съ водою равенъ

$$104,42 \times 11 = 1148,62.$$

Расходъ теплоты на испареніе 12,5 граммовъ равенъ

$$7784 - 1148,62 = 6635,38,$$

или на испареніе одного грамма воды

$$\frac{6635,38}{12,5} = 531 \text{ малыхъ калорій.}$$

Второй опытъ. Начальная температура воды 100°; расходъ спирта 6,5 граммовъ; вѣсъ испарившейся воды 12,4 граммовъ; коэффиціентъ полезнаго дѣйствія лампы 1026,9; общій расходъ теплоты $1026,9 \times 6,5 = 6674,85$; расходъ теплоты на испареніе одного грамма воды

$$\frac{6674,85}{12,4} = 538,2;$$

средняя скрытая теплота испаренія

$$\frac{531 + 538,2}{2} = 534,5.$$

Полученный результатъ внушаетъ полное довѣріе къ этому способу, къ несомнѣннымъ преимуществамъ котораго слѣдуетъ отнести быстроту и несложность манипуляцій.

Пермь.

Къ постановкѣ практическихъ занятій по физикѣ за границей.

А. J. Дмитріева[1].

Значительный интересъ представляютъ результаты анкеты о положеніи практическихъ занятій по физикѣ въ Англіи, опубликованные O. H. Latter, Repport on Science Teaching in Public Schools represented on the Association of Public School Science Masters Board of Education. Education Pamplets, № 17, 1909. Была опрошена 71 школа и были получены отвѣты отъ 46. Ни одна школа не жаловалась на недостатокъ средствъ. Всѣ онѣ имѣли спеціальную лабораторію для практическихъ занятій, а нѣкоторыя располагали для этой цѣли даже двумя и тремя комнатами. Средства для оборудованія и веденія практическихъ занятій въ 12 школахъ выдавались изъ общаго учебнаго фонда школъ; въ 18 школахъ ученики вносили добавочную плату, которая колебалась отъ 2,50 марокъ до 63 марокъ на одного ученика за треть года, причемъ въ этихъ школахъ отпускались

---

[1]) Hermann Hahn. Die Zeit.- und Kostenfrage der physikalischen Schülerübungen. Zeitschrift f. Phys. und Chem. Unterricht, 1911. Heft III.

еще и добавочныя суммы изъ общихъ средствъ; остальныя школы для содержанія практическихъ занятій подымали плату за ученіе для всѣхъ учениковъ, не прибѣгая такимъ образомъ къ дополнительнымъ сборамъ. Такъ, въ одной школѣ около 200 учениковъ, изучавшихъ естествознаніе, уплачивали отъ 15 до 21 марки въ треть года, что составляло въ годъ приблизительно 10 000 марокъ; изъ нихъ 5400 марокъ тратились на приборы и матеріалы, а остатокъ шелъ на вознагражденіе руководителей, на плату за газъ и воду, и частью даже поступалъ на усиліе общихъ средствъ школы; въ другой школѣ (600 учениковъ) всѣ воспитанники старшихъ классовъ уплачивали по 40 марокъ дополнительнаго сбора въ треть года, а младшихъ—6 марокъ. Этихъ средствъ хватало не только на поддержаніе лабораторіи, на плату за газъ, воду, электричество, но также и на плату двумъ спеціалистамъ-руководителямъ и двумъ служителямъ.

Пособія, выдаваемыя школамъ, не взимавшимъ особой доплаты за практическія занятія, колебались отъ 2 000 марокъ до 9 000 марокъ въ годъ.

Причиной такого блестящаго положенія дѣла являются высокія требованія по естествознанію, предъявляемыя, какъ университетами на вступительныхъ экзаменахъ, такъ и военнымъ министерствомъ на конкурсныхъ испытаніяхъ кандидатовъ на классныя должности въ войскахъ. Все усложняющаяся техника военно-морскаго дѣла настоятельно требуетъ увеличеніе кадра научно-образованныхъ руководителей.

Въ Соединенныхъ Штатахъ Сѣверной Америки, какъ видно изъ анкеты F. Quincy Brown за 1908 г. (School Science and Mathematics, 1908 г.), ежегодно расходуютъ на ту-же статью въ 208 среднихъ школахъ около 140 тысячъ марокъ, что составляетъ въ среднемъ на одну школу около 660 марокъ. Средняя стоимость въ нѣкоторыхъ штатахъ поднимается до 740 марокъ, а въ городахъ съ населеніемъ болѣе 100 000 жителей она доходитъ даже до 2 700 марокъ.

Практическія занятія по физикѣ введены во Франціи, какъ обязательныя, съ 1902 г. въ старшихъ классахъ коллежей. Въ анкетѣ, опубликованной въ Revue de l'Enseignement des Sciences (V, 39, 1911 г.), приняло участіе около 150 школъ этого типа. Всѣ учителя единодушно заявляютъ о томъ, что

оборудованіе лабораторій недостаточно и устарѣло, и что отпускаемыя средства совершенно недостаточны для удовлетворенія насущныхъ потребностей. Такъ, около 70 коллежей получаютъ ежегодно только отъ 100 до 300 франковъ, остальные менѣе 100 франковъ, а нѣкоторые даже ничего не получаютъ. Лишь два или три коллежа располагаютъ ежегодно 1000 франковъ. Принимая, что въ среднемъ ежегодное ассигнованіе на содержаніе практическихъ занятій достигаетъ до 150 франковъ на школу, можно утверждать, что подобная сумма совершенно недостаточна для оборудованія „обязательныхъ" занятій. Но и эти скудныя средства, какъ видно изъ отвѣтовъ, не всегда расходуются по своему назначенію; иногда ими оплачиваютъ столярныя работы, карты, книги и даже патроны для стрѣльбы. Изъ 150 лишь 16 коллежей имѣютъ отдѣльную комнату для веденія занятій; въ 9—въ распоряженіе учителя предоставляется служитель въ теченіе двухъ часовъ въ недѣлю; очень часто физическій кабинетъ не имѣетъ ни воды, ни газа. Для устраненія такого положенія дѣла высказано пожеланіе объ увеличеніи ежегоднаго ассигнованія до 300 франковъ на каждую школу, уменьшенія числа служебныхъ часовъ для завѣдывающаго лабораторіей, оплата каждаго часа практическихъ занятій, какъ полутора-часоваго урока, когда число практикантовъ превышаетъ 10 человѣкъ.

Кіевъ.

Опредѣленіе точки плавленія легкоплавкихъ твердыхъ тѣлъ.

Г. М. Рамнека.

Способъ опредѣленія точки плавленія легкоплавкихъ твердыхъ тѣлъ, основанный на улавливаніе моментовъ затвердѣванія и плавленія ихъ (см. „Физич. Обозр.", № 1 за 1911 г., стр. 55), слишкомъ сложенъ, мало демонстративенъ и въ сильной степени зависитъ отъ индивидуальныхъ качествъ экспериментатора.

Я полагаю, что вообще въ программу практическихъ занятій для учащихся въ средней школѣ не слѣдуетъ вносить сложныхъ и трудныхъ методовъ опредѣленія, требующихъ черезъ-чуръ большого напряженія органовъ чувствъ учащихся. Особой точности результатовъ вѣдь здѣсь не нужно; желательно лишь, чтобы молодые люди самолично завершали тотъ наглядный, демонстративный методъ, который красной нитью проводится черезъ всѣ отдѣлы физики и лежитъ въ основѣ преподаванія; чтобы они собственными

руками воспроизводили приблизительно то же самое, что производилось въ классѣ преподавателемъ. Поэтому, чѣмъ проще наблюдается желаемое явленіе, тѣмъ лучше. Вотъ почему я рѣшаюсь представить по данному вопросу слѣдующій опытъ:

На водяной банѣ, въ фарфоровомъ тиглѣ, медленно и осторожно расплавляютъ изслѣдуемое твердое тѣло, напримѣръ, глицеридъ стеариновой кислоты или, какъ его принято называть, стеаринъ. Въ расплавленную жидкость погружаютъ на короткое время конецъ мѣднаго стерженька, охлаждаютъ его, снова погружаютъ и производятъ эту манипуляцію до тѣхъ поръ, пока конецъ стерженька не покроется тонкимъ и ровнымъ слоемъ испытуемаго вещества. Затѣмъ стерженекъ кладутъ по крайней мѣрѣ на сутки въ холодное мѣсто, лучше всего на ледъ, если опредѣленіе производится въ теплое время года, потому что жиры вообще послѣ плавленія медленно возстановляютъ прежнюю свою консистенцію.

Приготовленный такимъ образомъ мѣдный стерженекъ опускаютъ тѣмъ концомъ, который покрытъ стеариномъ, въ фарфоровую чашку со ртутью и вмѣстѣ съ рядомъ поставленнымъ термометромъ укрѣпляютъ на штативѣ, въ вертикальномъ положеніи. Чашечка со ртутью помѣщается на водяной банѣ, подогрѣваемой горѣлкой.

Самое важное и существенное въ этомъ способѣ то, что моментъ расплавленія жира не улавливается зрѣніемъ, что подчасъ бываетъ не такъ-то легко сдѣлать даже опытному экспериментатору, а объ этомъ дается сигналъ звонкомъ.

Дѣло въ томъ, что если одинъ полюсъ гальваническаго элемента, соединить черезъ электрическій звонокъ съ верхнимъ, чистымъ концомъ мѣднаго стерженька, а другой — со ртутью въ фарфоровой чашечкѣ, то въ цѣпи тока не будетъ, ибо жиръ не проводитъ электричества; и до тѣхъ поръ, пока жиръ покрываетъ конецъ стерженька, электрическій звонокъ будетъ бездѣйствовать.

Но стоитъ только жиру расплавиться отъ нагрѣванія ртути, какъ цѣпь замкнется, и звонокъ начнетъ непрерывно звонить. Въ этотъ моментъ по термометру отсчитываютъ температуру, которая и будетъ точкой плавленія даннаго тѣла.

Разумѣется, такихъ наблюденій надо сдѣлать нѣсколько и для окончательной установки температуры плавленія брать среднее ариѳметическое изъ нихъ.

Кіевъ.